

**Caracterización fenotípica de componentes de
rendimiento en híbridos de arroz desarrollado en el
Centro internacional de Agricultura Tropical CIAT.**

Andrea Fernanda Cueltán Perengüéz

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrarias Pecuarias y del Medio Ambiente

Palmira, Colombia

2018

**Caracterización fenotípica de componentes de rendimiento en 30 cruces de arroz
desarrollado en el Centro internacional de Agricultura Tropical CIAT.**

Andrea Fernanda Cueltán Perengüéz

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Agrónomo

Director

Milton Cesar Ararat Orozco, *Ph.D*, Ing. Agr.

Universidad Nacional de Colombia-Palmira

Codirector

Silvio James Carabalí *M. Sc*, Biólogo

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrarias Pecuarias y del Medio Ambiente

Palmira, Colombia

2018

Agradecimientos

Al Dr. Fernando Correa por efectuar el desarrollo del proyecto y todos los miembros de su equipo, a Jaime Borrero, Andrés Sánchez, por compartir sus conocimientos y experiencias.

Agradezco profundamente por la motivación y valiosa colaboración a Silvio James Carabalí, durante mi carrera y por el acompañamiento durante todo el trabajo de investigación.

A Juan Bosco por su gran ayuda en los análisis estadísticos y por sus valiosas recomendaciones.

Agradecimientos a mi grupo de trabajo Jaime Bocanegra, Martin Delgado, Heriberto Méndez, Mauricio Velásquez, Henderson Betancourt, por su gran colaboración en los diferentes procesos del proyecto.

De manera especial quiero agradecer a mi esposo Juan Domínguez por su acompañamiento, apoyo y comprensión durante toda mi carrera.

Agradezco a la universidad por sus valiosos tutores, María del Pilar Romero, María del Carmen Garcés, Shirley Rodríguez, por su acompañamiento y apoyo en la carrera.

A Milton Cesar Ararat Orozco por su guía y ayuda constante durante el proceso de trabajo de grado.

Agradecida profundamente a Dios y a mi familia por ayudarme a cumplir una de mis tantas metas.

Resumen

El arroz es el segundo cereal más consumido a nivel mundial, su origen proviene de la India, pero su desarrollo y expansión surgió en China. Con el pasar de los años se ha evidenciado que hay un crecimiento acelerado de la población en todo el mundo lo cual se ha convertido en una problemática para satisfacer una alimentación adecuada para una vida sana. Por tanto, se busca abastecer a toda una población mediante investigaciones que ayuden a crear nuevos cultivares de arroz con alto potencial de rendimiento, calidad nutricional, resistente a plagas y enfermedades, que incremente su producción en menos área y demás factores que favorezcan al consumo humano. Una de las metodologías desarrolladas para aumentar el potencial de rendimiento es el desarrollo de híbridos comerciales; este trabajo tiene como objetivo evaluar los componentes de rendimiento en un grupo de híbridos de arroz para seleccionar los mejores híbridos, con rendimientos superiores (20%) con respecto a las variedades comerciales. Este trabajo se realiza en CIAT - Palmira Valle del Cauca Colombia, donde las condiciones climáticas y edáficas cumplen para este cultivo; en un diseño de cuadros incompletos al azar por dos repeticiones. La evaluación de componentes de rendimiento se realiza en un ensayo con 27 híbridos, 3 testigos; se identificaron tres híbridos con alto potencial de rendimiento CT25649 (15713 Kg/Ha), CT25638 (15290 Kg/Ha) y CT25636 (14461 Kg/Ha); que se caracterizan por panícula larga, buen número tallos y peso de mil granos, estos componentes son significativos ya que permite mayor cantidad de grano, buen número de panículas y alto rendimiento.

Palabras clave: Híbridos, Mejoramiento, Rendimiento, Resistencia, Componentes de Rendimiento, Arroz.

Abstract

Rice is the second most consumed cereal in the world, its origin comes from India, but its development and expansion arose in China. Over the years, it has become clear that there is an accelerated population growth around the world that has become a problem to satisfy a proper diet for a healthy life. Therefore, it seeks to supply an entire population through research that helps to create new rice hybrids with high potential yield, nutritional quality, resistant to pests and diseases that increase their production in smaller areas and other factors that favor consumption. human; therefore, the characterization of the performance components is selected to obtain the best hybrids, which contains productions greater than 20% compared to the current production. This research work is carried out at CIAT, in Palmira, Valle del Cauca, Colombia, where climatic and edaphic conditions are found for this crop; in a random incomplete frame design (alpha lattice) for two repetitions in a semester. The evaluation of the performance components is carried out in a test with 27 hybrids plus 3 controls; where three hybrids with high yield potential CT25649 are identified with 15713 Kg / Ha, CT25638 with 15290 Kg / Ha and CT25636 with 14461 Kg / Ha; which are characterized by long panicle, equal amounts in stems and panicles and the weight of a thousand grains, which concludes that these performance components intervene a lot in the potential obtained.

Keywords: Hybrids, Improvement, Performance, Resistance, Performance Components, Rice.

Tabla de contenido

Agradecimientos	3
Resumen.....	4
Abstract.....	5
Tabla de contenido.....	6
Listado de Figuras.....	8
Listado de Tablas	9
Listado de Abreviaciones.....	12
Introducción	13
Planteamiento del problema.....	17
Justificación	18
1. Marco Conceptual y Teórico.....	20
1.1 Origen y dispersión de arroz (<i>O. sativa</i>)	20
1.2 Taxonomía	20
1.3 Distribución del arroz en el mundo.....	22
1.4 El Arroz en Colombia	24
1.4.1 Situación nutricional en Colombia.....	24
1.4.2 Situación Alimentaria en Colombia.....	25
1.4.3 El fitomejoramiento en Colombia.....	25
1.5 Características fenotípicas de arroz.....	26
1.6 Cruzamientos de arroz	28
1.7 Potencial de Rendimiento	29
1.7.1 Componentes de rendimiento.....	29
1.8 Desarrollo de Híbrido	30
1.9 Heterosis y Habilidad Combinatoria.....	31
1.10 Interacción genotipo por ambiente.....	32
1.11 Adaptabilidad y Estabilidad	33
2 Objetivos	35
2.1 Objetivo General	35
2.2 Objetivos Específicos.....	35
3. Metodología	36
3. 1 Localización de estudio.....	36
3.1.1 Descripción área de estudio	37
3.2 Metodología Fase 1.....	37

3.2.1 Selección y descripción de los 30 híbridos experimentales	37
3.2.1.1 Descripción de los tres testigos.....	38
3.2.2 Descripción de los 27 híbridos experimentales.....	39
3.2.3 Diseño y Manejo de ensayo	39
3.2.4 Manejo	40
3.3 Metodología Fase 2.....	41
3.3.1 Definición de métodos para la evaluación de cada variable en campo, cuarto de semilla y laboratorio de calidad.....	41
3.3.1.1 Variables de medición asociados a los componentes de rendimiento en campo	42
3.3.2 Variables de medición asociados a los componentes de rendimiento en poscosecha (cuarto de semillas)	44
3.3.3 Variable de medición asociada a los componentes de rendimiento en laboratorio de calidad. ...	46
4. Resultados	48
4.1 Floración	48
4.2 Comparación de rendimiento en los 27 híbridos vs Testigos	49
4.3 Comparación de rendimiento y sus componentes	51
4.4 Grupos formados.....	53
4.5 Comportamiento de los componentes en los diferentes grupos	59
5. Discusión.....	62
6. Conclusiones	64
7. Recomendaciones	65
8. Referencias Bibliográficas	66
9. Anexos	73
Anexo 1. CIAT Centro Internacional de Agricultura Tropical	73
Anexo 2. Manejo agronómico del ensayo.....	76
Anexo 3. Resultados de rendimientos comparados con los testigos.....	79
Anexo 4. Listado de híbridos con rendimiento.	81
Anexo 5. Norma Técnica Colombiana en molinería en arroz.....	82

Listado de Figuras

Figura 1. Plata de arroz.....	26
Figura 2. Características de panícula de arroz.....	26
Figura 3. Estructura de un grano de arroz.....	27
Figura 4. Fases de metodología.....	36
Figura 5. Ubicación del municipio de Palmira y el mapa CIAT, convenciones de cultivos.....	36
Figura 6. Plano de siembra en campo de 30 híbridos de arroz.....	39
Figura 7. Distribución de plantas en campo por cada híbrido.....	41
Figura 8. Días de Floración de 30 híbridos de arroz.....	48
Figura 9. Rendimiento de 27 híbridos de arroz con respecto a los tres testigos T1 (CT23057), T2 (CT21375) y T3 (FEDEARROZ 67).....	50
Figura 10. Explicación de varianza.....	52
Figura 11. Análisis de grupos de varianza mínima de Ward.....	52
Figura 12. Distribución de altura en los 8 grupos.....	59
Figura 13. Distribución de número de macollas en los 8 grupos.....	59
Figura 14. Distribución de longitud de panículas en los 8 grupos.....	59
Figura 15. Distribución de número de panículas en los 8 grupos.....	59
Figura 16. Distribución de peso de 1000 granos en los 8 grupos.....	59
Figura 17. Distribución peso de granos llenos en los 8 grupos.....	59
Figura 18. Distribución peso de granos vanos en los 8 grupos.....	60
Figura 19. Distribución peso de granos totales en los 8 grupos.....	60
Figura 20. Distribución de granos excelso en los 8 grupos.....	60
Figura 21. Distribución de rendimiento en los 8 grupos.....	60

Listado de Tablas

Tabla 1. Híbridos seleccionados para caracterización fenotípica.....	37
Tabla 2. Listado de los híbridos con diseño en campo.....	40
Tabla 3. Valores de rendimiento de 3 híbridos superiores con respecto al Testigo T1 (CT23057)	49
Tabla 4. Análisis de componentes principales.	51
Tabla 5. Valores de correlación.....	52
Tabla 6. Grupo 1. Caracterización de 5 híbridos con promedios casi semejantes en la variable de <i>Long pan</i> (longitud de panícula).....	53
Tabla 7. Grupo 2. Caracterización de 3 híbridos con promedios casi semejantes en la variable <i>npanículas</i> (número de panícula).....	53
Tabla 8. Grupo 3. Caracterización de 6 híbridos con promedios casi semejantes en la variable <i>npanículas</i> (número de panícula) y <i>pglleno</i> (peso de granos llenos).....	54
Tabla 9. Grupo 4. Caracterización de 8 híbridos con promedios casi semejantes en la variable <i>pglleno</i> (peso de grano lleno).....	55
Tabla 10. Grupo 5. Caracterización de 3 híbridos con promedios casi semejantes en la variable <i>pgvano</i> (peso de granos vanos).....	56
Tabla 11. Grupo 6. Caracterización de 2 híbridos con promedios iguales en la variable <i>nmacollas</i> (número de macollas).....	56
Tabla 12. Grupo 7. Caracterización de 2 híbridos con promedios casi semejantes en la variable <i>pglleno</i> (peso de granos llenos).....	57
Tabla 13. Grupo 8. Caracterización de 1 híbrido con promedio más bajo en la variable <i>RTO</i> (rendimiento).....	57
Tabla 14. Caracterización de los 3 híbridos con mayor rendimiento.....	58
Tabla 15. Fertilización manual.....	76
Tabla 16. Fertilización líquida. Aplicación foliar en ensayos de rendimientos en el cultivo de arroz.....	77
Tabla 17. Dosis para control químico.....	77

Tabla 18. Valores de rendimiento de 11 cruzamientos superiores con respecto al Testigo (T2) CT21375.....	79
Tabla 19. Valores de rendimiento de 19 cruzamientos superiores con respecto al Testigo (T3) Fedearroz 67.....	79
Tabla 20. Valores de rendimiento de 4 cruzamientos inferiores con respecto al (T1) CT23057.....	80
Tabla 21. Listado de rendimiento de los 27 híbridos comparados con los tres testigos T1 (CT23057), T2 (CT21375) y T3 (FEDEARROZ 67).....	81

Listado de fotografías

Fotografía 1: Ejemplo en estado de floración (parcela 212- CT25670) en cruzamientos de arroz.....	42
Fotografía 2: Medición de altura de planta en cruzamientos de arroz. (Parcela 101- CT25633).....	43
Fotografía 3: Conteo de macollas en cruzamientos de arroz (parcela 107- CT25634).....	43
Fotografía 4: Conteo de panículas de cruzamientos de arroz (parcela 210- CT25652).....	44
Fotografía 5: Granos de arroz llenos obtenidos de los cruzamientos (parcela 116- CT25650).....	45
Fotografía 6: Granos de arroz vanos o vacíos obtenidos de los cruzamientos, (parcela 118- CT25646).....	45
Fotografía 7: Granos excelso de los cruzamientos de arroz (parcela 229- CT25629).....	47

Listado de Abreviaciones

Símbolo	Termino
Altura	Altura de planta
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
Excelso	Grano excelso
F1	Filial 1
h.c.e.	habilidad combinatoria específica
h.c.g.	habilidad combinatoria general
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
IRRI	Instituto Internacional de investigación del Arroz.
L.A.	Línea Androesteril
L.B.	Línea Fértil
L.R.	Línea Restauradora
LongPan	Longitud de plantas
nmacollas	Número de macollas
npaniculas	Número de panículas
P1000g	Peso de 1000 granos
pglleno	Peso de grano lleno
pgvano	Peso de grano vano
ptotalg	Peso total de grano
RTO	Rendimiento

Introducción

El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cereales más importantes como alimento básico, y los sistemas agrícolas con que se produce arroz son fundamentales para la seguridad alimentaria, así mismo ocupa un papel importante en la reducción de la pobreza y el mejoramiento de estilo de vida de gran parte de la población mundial ya que se ha convertido en un importante generador de ingresos desde el siglo XX, el cual ha evolucionado y se ha convertido en un cultivo altamente tecnificado y productivo (Degiovanni, 2010).

En el género *Oryza* existe 4 especies de las cuales dos especies se cultivan en el mundo, (*O. glaberrima* la cual se cultiva principalmente al oeste del África y *Oryza sativa* L. se originó en regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Es la especie con mayor importancia económica debido a que se cultiva en gran parte del mundo como en Asia, América del Norte y Sur, Unión Europea, Oceanía y Centro-este de África, debido a la mayor diversidad genética es tanto así que cuenta con tres sub-especies Indica, Japónicas y Javánicas mientras que *O. glaberrima* sólo se cultiva en el oeste de países africanos y no cuenta con ninguna sub-especie. Mediante estos estudios se puede mencionar que existen dos patrones de origen y domesticación del arroz cultivado *Oryza sativa* L de Asia y *O. glaberrima* Steud de África, (Acevedo, 2006)

El banco de germosplasma del IRRI cuenta con más de 100.000 accesiones procedentes de *Oryza sativa* L. caracterizados por adaptarse a diferentes condiciones climáticas y por tener una diversidad de altura de planta, tamaño grano, tamaño y color de hoja, grosor, altura, y color de tallos, diferentes características de panícula, resistencia a plagas y enfermedades, características valiosas para los programas de mejoramiento genético del cultivo de arroz.

El fitomejoramiento es un punto clave para aprovechar toda esta variabilidad genética la cual permite desarrollar variedades con mayor rendimiento y que a la vez tengan la capacidad de adaptarse a la agricultura comercial y garantizar así el alimento a la población mundial, para ello existen diferentes métodos que permiten ampliar la base genética; entre ellos se encuentra la selección recurrente, utilización de germoplasma exótico (silvestre) los cuales son usadas en variedades o híbridos avanzadas de arroz seleccionadas con alto potencial de rendimiento y alto contenido nutricional, son sometidas a esquemas de mejoramiento con variedades o híbridos elite, con el fin de aumentar los rendimientos, según (Acevedo *et al.* 2006)

Para obtener resultados exitosos es importante tener en cuenta acciones fundamentales: evaluar las prioridades de la investigación con los factores que limitan la producción del cultivo, concretar los objetivos, orientar correctamente sus actividades y obtener las metas planteadas. (Degiovanni *et al.* 2010).

La producción del cultivo de arroz ha tenido algunas limitaciones, debido al uso de los pocos progenitores utilizados para producir los híbridos, lo cual trae consigo un reciclaje de un mismo conjunto de genes, lo cual lleva a una reducción genética que no permite tener ganancias significativas en el rendimiento, también ha caído debido a los sistemas de mercadeo ya que exigen requerimientos sobre el contenido de humedad, implica a reducir los rendimientos de molinería, aumentar la infección de malezas en los campos y en el arroz comercializado, para ello es indispensable aumentar las facilidades de secado, molienda y almacenamiento requerido, para poder incentivar la producción y la explotación. El uso de una variedad o variedades del mismo ciclo se convierten en cuello botella a la hora de la cosecha lo que lleva a consecuencias graves y desfavorables; por tanto es importante evaluar germoplasma para identificar cultivares con diferentes ciclos y alto potencial de rendimiento y que sea apropiado para las condiciones ecológicas, climáticas y de sistemas de cultivo del país, (Cuevas, 1986).

Otras limitaciones que enfrenta el cultivo son los altos costos para mantener el cultivo teniendo en cuenta el riego, las áreas de tierra, infestación de arroz rojo, desfase entre el costo de producción y el precio del producto en el mercado entre otras, (Pérez, 1992). Por estos diversos problemas los fitomejoradores se ven en la obligación de adoptar un enfoque interdisciplinario para encontrar soluciones, (Degiovanni *et al.* 2010).

Para aumentar la ganancia genética los fitomejoradores buscan precipitadamente diferentes alternativas de mejoramiento para dar solución a la necesidad de incrementar continuamente el potencial de rendimiento, una alternativa es el aprovechamiento del vigor híbrido mediante la heterosis, que se da cuando se cruzan dos híbridos o variedades homocigotas genéticamente distintas. La heterosis es considerada como un estímulo al desarrollo de la planta, se puede expresar en la dispersión de los alelos favorables entre los progenitores que a la dominancia genética, cuya relevancia puede ser menor en esta especie autógena, lo que permite a los mejoradores a identificar combinaciones de híbridos para producir híbridos con alta heterosis, en estos casos la heterosis es favorable pero también se presentan dificultades que se deben optimizar, un ejemplo es cuando un híbrido de arroz cuenta con una heterosis positiva para altura de planta, pero esto puede ocasionar una susceptibilidad al vuelco, lo que indican que tienen tallos frágiles y no resisten a grandes corrientes de viento, (Degiovanni *et al.* 2010). Otra alternativa es seleccionar los progenitores partiendo de la habilidad combinatoria general o específica que permite identificar la mejor combinación entre las especies, (Pérez, 1992).

En el presente estudio se realiza la caracterización fenotípica de 27 híbridos de arroz y tres testigos, (T1 CT23057, T2 CT21375) 2 locales y 1 comercial (FEDEARROZ 67), para un total de 30 genotipos; los cuales se evaluaron en un ensayo de campo utilizando el diseño de bloques incompletos al azar (alfa latice).

Mediante el método de mejoramiento, se seleccionaron 5 plantas al azar por cada muestra y se analizaron todos los componentes de rendimiento altura de planta, número de macollas, número de panículas, número de granos llenos, números de granos vanos, peso de granos llenos, peso de granos vanos, peso de mil granos, rendimiento. Teniendo en cuenta los análisis y resultados de las muestras se seleccionaron las que contenían mayor rendimiento y superaron a los testigos en un 20% de rendimiento. El ensayo se estableció en el centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, según (CIAT 2017).

Planteamiento del problema

El crecimiento acelerado de la población a nivel mundial se ha convertido en un problema para la seguridad alimentaria, la tasa de crecimiento actual es de 1,2% principalmente en países en desarrollo; América Latina presenta un crecimiento demográfico rápido según (Pellini, 2014). Por tanto se debe disponer de alimentos suficientes para proporcionar una calidad nutricional para una vida sana, este problema es un tema crítico en un mundo en desarrollo, debido a que el consumo de arroz per cápita en los últimos años ha aumentado; igualmente nos enfrentamos al cambio climático, la degradación de los suelos y la contaminación ambiental en algunas regiones o zonas donde se cultiva arroz, aumentando así la preocupación sobre la productividad y sostenibilidad a largo plazo para toda una población.

Según investigaciones para mantener el ritmo del crecimiento de la población en las diferentes regiones, la producción mundial anual de arroz en cáscara debería aumentar, las proyecciones de la FAO sugiere que los grandes productores logren exportar 10 millones de toneladas entre el año 2015, 25 millones toneladas para el año 2030, (FAO, 2000). Sin embargo, muchos países, no disponen de tierra arable para extender la producción de arroz; por lo tanto, la mayor demanda de arroz debe ser suplida aumentando el rendimiento por unidad de superficie, (IRRI 2016).

Colombia tiene una participación de producción de arroz baja a nivel mundial, actualmente nuestro país importa este cereal para suplir la demanda, además las variedades locales presentan un declive en sus rendimientos, lo cual es otro problema al que se debe enfrentar el sector arrocero; aprovechando su buen desempeño económico en la actividad agrícola en los últimos 15 años (Tirado, *et al.* 2014), por tanto los estudios de componentes de rendimiento deben tener una constante actualización en los diferentes materiales experimentales de siembra.

Justificación

El arroz es considerado uno de los principales cereales a nivel mundial debido a su importancia económica y alimentaria. El 75% de la población mundial incluye el arroz en su dieta alimenticia diaria, ya que este cereal es una fuente importante de magnesio, niacina y vitamina B6, superando en algunos casos el consumo de otros cereales como el maíz y el trigo, debido a que su mayor consumo es en el continente de Asia (17 países) donde hay mayor población, 8 países de África, 7 países de América Latina y del Caribe, lo cual genera millones de empleos a nivel mundial (Rubens, 2010).

El arroz es la principal fuente de proteínas y calorías, como producto alimenticio para los colombianos y de igual importancia a nivel mundial por su aporte energético, lo que hace que sea un cultivo importante y competitivo para impulsarlo a la industrialización, supliendo una seguridad alimentaria especialmente en regiones de bajos recursos. (Tirado, *et al.* 2014).

En Colombia la producción de arroz mecanizado en el 2015 fue de 780.997 toneladas, donde demuestra una disminución comparada con la producción de 2014, pero con mayores rendimientos (DANE, 2015).

Hay una necesidad de producir y suplir la demanda para América Latina y el Caribe combatiendo el hambre, la pobreza y la mal nutrición. Por lo tanto especialistas en agricultura se han dedicado al fitomejoramiento de cultivos de mayor consumo, entre ellos el arroz generando nuevos híbridos que puedan producir de 15 a 20% más que la variedades comerciales y sean más tolerantes al estrés es abiótico y biótico, también con un mejor valor nutricional, generar una semilla de mejor calidad y libre de patógenos, factores importantes para que un agricultor siembre híbridos. Los beneficios son potencialmente enormes cuando se genera un híbrido debido al acceso a un mejor germoplasma, adaptabilidad de zona, resistencia y a diferentes factores que se presenten en la región (CIAT 2013).

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar diferentes híbridos que nos permita identificar las mejores combinaciones híbridas de arroz, con alto potencial de rendimiento y que se adapten a los diferentes condiciones ambientales y que sean tolerantes a los factores bióticos y abióticos y así garantizar una mayor producción y de esta manera abastecer el consumo.

1. Marco Conceptual y Teórico

1.1 Origen y dispersión de arroz (*O. sativa*)

Según las referencias históricas, el cultivo del arroz comenzó hace casi 10.000 años en varias regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea India el país donde se cultivó por primera vez, ya que allí abundan los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, uno de los principales centros de diversidad genética, y allí se encuentran abundantes razas locales tanto de la subespecie indica como de japónica. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo.

El mundo occidental entró en contacto con este cultivo en el siglo IV a.C. gracias a las incursiones bélicas de Alejandro Magno. El nombre de “*Oryza*” es una aportación griega referida al estado indio de Orissa probablemente, fueron los árabes quienes lo llevaron a la Península Ibérica durante la conquista en el año 711, o previamente por los bizantinos (Lujan, 1997). El origen del nombre en castellano tal y como lo conocemos actualmente proviene de la palabra de origen árabe “al-ruzz”. En la segunda mitad del siglo XV el arroz llegó a Italia y luego a Francia, propagándose a todos los continentes durante la época de los grandes descubrimientos. Los españoles lo llevaron a Sudamérica a principios del siglo XVIII.

1.2 Taxonomía

El género *Oryza* incluye 21 especies silvestres y dos especies cultivadas una de origen asiático *Oryza sativa* L. y la segunda originaria de África denominada como *Oryza glaberrima*, es importante tener en cuenta que la especie asiática es la que mayor expansión tiene a nivel mundial, esta cuenta con dos subespecies: indica y japónica, (Eugenio, 1985).

1.2.1 Especies Indicas: Planta indígena de las regiones húmedas de los trópicos y subtrópicos de Asia (como India, Tailandia, etc.), aunque se encuentran variedades de esta subespecie en otras latitudes. La mayoría de sus variedades se caracterizan por sus granos largos. La talla de la planta es alta, tiene un importante ahijamiento, sus panículas son largas y poco apretadas, y sus hojas suelen ser largas, inclinadas y de color verde pálido. Su respuesta a las dosis elevadas de abonado es muy baja y por ello se han considerado a menudo variedades poco aptas para el cultivo moderno. Sin embargo, el esfuerzo en su mejora ha permitido obtener variedades que producen elevados rendimientos en condiciones de cultivo intensivo. La expansión de este tipo de arroces se ve frenada por su baja introducción adaptación a algunos suelos y por su sensibilidad a las bajas temperaturas. (Faure & Mazzaud, 1995)

1.2.2 Especies Japónicas templadas: planta propia de las partes montañosas de Asia, las zonas templadas del norte de China, Corea y Japón, e introducida en los países mediterráneos, Sur y Norte América. Los granos tienen formas variadas, no necesariamente ancha o redondeada, como suele admitirse, aunque los granos redondos, cortos o semi-largos son los mayoritarios.

Tiene una talla media-baja, con un ciclo vital corto y una tendencia al ahijamiento medio; sus hojas son cortas o medias y sus panículas más compactas que las de indica. La variabilidad morfológica de este grupo es muy amplia. Sus panículas no desgranar con facilidad y tiene ausencia de latencia seminal. Sus hojas son relativamente erectas y de color verde intenso. Dentro del grupo se encuentran variedades que poseen cualidades muy apreciadas, como la resistencia al frío y a la sequía, o su adaptabilidad a suelos pobres. (Faure, *et al.* 1995).

El arroz (*oryza sativa*) es una monocotiledónea las raíces son delgadas, fibrosas, fasciculadas el tallo es erguido cilíndrico y nudoso de 60-120 cm. Flores de color verde blanqueció el fruto es un cariósipide. El arroz es pobre en sustancias nitrogenadas por cuyo motivo no puede ser

considerado como un alimento completo el arroz necesita para germinar de 10 a 13 °C considerando su óptimo entre 30 y 35 °C, el crecimiento de tallos, hojas y raíces tiene un crecimiento mínimo de 7 °C considerando su óptimo en 23°C a temperaturas más altas la planta crece más rápido y los tejidos se hacen demasiados blandos haciéndoles susceptibles al ataque de enfermedades. La floración tiene lugar el mismo día del espigado o al día siguiente mientras las últimas horas de la mañana. Las flores abren sus glumillas durante una o dos horas si el tiempo es soleado y las temperaturas altas; el tiempo mínimo para florecer se considera de 15 °C, el óptimo es de 30 °C. El arroz es el único cereal cultivado que puede producirse bajo condiciones de inundación, ya que posee mecanismos fisiológicos que le permiten adaptarse a estas condiciones. (Guimaraes, 1997)

1.3 Distribución del arroz en el mundo

Se trata de un cultivo muy diverso. Por un lado, se cultiva en latitudes muy extremas: desde los 55°N al norte de China hasta los 36°S de Uruguay y Australia. Además, puede crecer en alturas que van desde los 3000 m, como en Nepal, hasta los 3 m bajo del nivel del mar, como en algunos cultivos de inundación en la India. La mayor parte los cultivos de este cereal en el mundo se dan en ecosistemas de irrigación (55% del total cultivado: todo el de Europa, América del Norte, Oceanía y más de la mitad del de Asia), seguido por los de secano (35-40%) y finalmente en inundación (5-10%) (Carreres, 2003); el cultivo inundado también es variable, ya que la lámina de agua puede tener desde 40 cm hasta 8 m, en el caso de los llamados arrozales flotantes. El arroz es una planta anual, aunque en algunas regiones tropicales, donde las condiciones climáticas son favorables, llega a crecer como perenne. Este abanico de posibilidades se debe, en parte, a la gran diversidad de variedades existentes y a su adaptación a las diferentes condiciones de cultivo (Infoagro, 2018).

Aunque actualmente es el segundo cereal mundial en cuanto a producción después del trigo, el arroz es el cultivo de mayor importancia, ya que ocupa la mayor superficie y es la principal fuente de alimentación para más de la mitad de la población mundial; de hecho, prácticamente toda su producción se destina a la alimentación humana. A nivel mundial, el arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo. Más de tres mil millones de personas de todo el mundo se alimentan básicamente de arroz, principalmente en Asia, donde aporta entre un 40 y un 70% del total de calorías a la alimentación (UNESCO, 1984).

Tanto es así que en algunos idiomas, las palabras para arroz y comida, o arroz y agricultura, son sinónimos. Además de su importancia como alimento, el arroz es la principal fuente de ingresos en el mundo rural de los países en vías de desarrollo, siendo así en la mayor parte de Asia y, en gran medida, de África y América. La superficie dedicada al cultivo de arroz es de 154 millones de hectáreas, que suponen aproximadamente un 11% de la superficie total cultivada. (Torro I- 2010)

(Macan, 2018) señala que el ciudadano promedio en países como Bangladesh, Vietnam y Myanmar, consume entre 150 y 200 Kg. de arroz al año, lo que representa dos tercios o más de las calorías consumidas y aproximadamente 60 por ciento del consumo diario de proteína. "Para los más pobres, el arroz es un lujo", indica el estudio.

A menudo el arroz es la principal fuente de empleo, ingresos y nutrición de muchas regiones pobres y con una alimentación precaria. En el sur de Asia, por ejemplo, donde viven 530 millones de personas con menos de 1 dólar al día, las calorías proporcionadas por el arroz representan cerca del 60-70% del total del consumo de alimentos. (FAO, 2010).

1.4 El Arroz en Colombia

El arroz se cultiva en Colombia en diferentes condiciones de clima y de suelo, bajo los sistemas de riego y secano favorecido-mecanizado. Sus principales zonas arroceras son: la zona centro comprendida por los departamentos del Tolima, Huila y Valle del Cauca. Esta zona es la que posee los suelos más fértiles del país; la zona de los Llanos orientales, comprende los departamentos de Meta y Casanare sus suelos son menos fértiles y se caracterizan por tener tendencia a la acidez, la zona del Caribe Húmedo comprende los departamentos de Antioquia, Bolívar, Córdoba y Sucre, con suelos fértiles pero con problemas de inundación en épocas de invierno; la zona del Caribe Seco, comprende los departamentos del Cesar, Guajira y Santander, sus suelos tienden a ser alcalinos por su origen y por sus condiciones de campo (Fedearroz, 2000).

En Colombia, el cultivo de arroz ocupa el primer lugar en términos de valor económico entre los cultivos de ciclo corto. Es el tercer país productor de América Latina y del Caribe después de Brasil y Perú (FAO, 2010).

1.4.1 Situación nutricional en Colombia.

La situación nutricional de una población refleja en gran medida su nivel de bienestar. Así la desnutrición crónica, identificada por el retraso en el crecimiento lineal o la talla baja de los niños, está asociada con menor desempeño escolar, menor productividad y menor ingreso laboral en la vida adulta. La deficiencia de micronutrientes, particularmente de zinc, eleva el riesgo de sufrir de talla baja, mientras que la de otros nutrientes como el hierro y el yodo afecta el desarrollo cognoscitivo y motor de los niños. Dos de cada cinco menores de 5 años presentaron deficiencia, siendo los más afectados los niños del área rural en relación con el área urbana. (Lynnette *et al.* 2011).

1.4.2 Situación Alimentaria en Colombia

En el documento Conpes social de 2008 establece la Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional –PSAN donde determina como una de las estrategias la necesidad de construir y ejecutar el Plan Nacional de Seguridad alimentaria y Nutricional- SPSAN, el cual tiene muchos objetivos, metas estrategias y acciones propuestas por el Colombia, los cuales están enfocados en proteger a la población del hambre y la alimentación inadecuada, asegurar a la población colombiana de alimentos sanos y de calidad, lograr la interacción, articulación y coordinación de diferentes intervenciones, todo con la finalidad de apoyar a toda la población colombiana, especialmente a poblaciones que presente pobreza extrema, desplazados por la violencia, personas que son afectadas por desastres naturales, población infantil, mujeres gestantes adultos mayores y demás personas que requieran una seguridad alimentaria. Este plan tiene un periodo de ejecución que inicio en el año 2012 y finaliza en el 2019, tiempo en cual se deberá desarrollar todos los objetivos propuestos, (Nacional 2012).

1.4.3 El fitomejoramiento en Colombia

(Franco, 2013) menciona el origen del fitomejoramiento en nuestro país es desconocido, se dice que inicio en las décadas de 1930 y 1940, cuando se crearon las primeras estaciones experimentales del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), ubicadas en Palmira, Aracataca, La Picota, Armero, San Joaquín y Tulio Armero. Las antiguas variedades de arroz rendían 1,2 t/ha, donde los programas de investigación ICA Y CIAT en gran parte fueron los responsables de incrementar estos rendimientos a 4,0 y 9,0 T/Ha aproximadamente. (p.16)

1.5 Características fenotípicas de arroz.

1.5.1 Planta de arroz: las estructuras principales son raíz, hojas y tallo como organos vegetales y como organos reproductivos se encuentra la flor y semilla. La estructura de los tallos es cilíndrica y hueca con nudo y entrenudos, las hojas tienen una lámina plana y angosta, la inflorescencia en la panícula, la longitud en la planta es muy variable se encuentra entre 0,4 m hasta 7 m especialmente en variedades silvestres (Degiovanni, 2010).

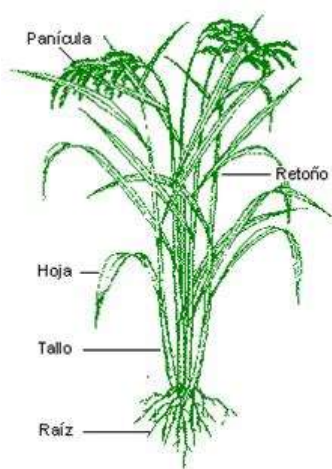


Figura 1. Planta de arroz, tomada de (Sánchez, 2011).

1.5.2 Panícula de arroz está compuesta por una ramificación principal dividida por un nudo apical del tallo (base de la panícula) formada por diversas ramificaciones primarias y secundarias y en algunas variedades terciarias (Degiovanni *et al.* 2010).



Figura 2. Características de panícula de arroz. Fuente: (Degiovanni *et al.* 2010)

1.5.3 El grano de arroz “paddy” (arroz con cáscara) se compone de una cubierta protectora exterior, la cáscara y la cariósida o fruto del arroz (arroz integral o pardo, llamado también arroz descascarillado). El arroz integral o pardo se compone de las capas exteriores: pericarpio, tegumento o cubierta seminal y nucela; del germen o embrión; y del endospermo. Éste se compone de la capa de aleurona, consistiendo el endospermo propiamente dicho en la capa de subaleurona y en el endospermo amiláceo o interno. La capa de aleurona contiene al embrión. El pigmento de color pardo del arroz integral lo contiene el pericarpio que sería la capa más externa del grano (Gómez, 1978).

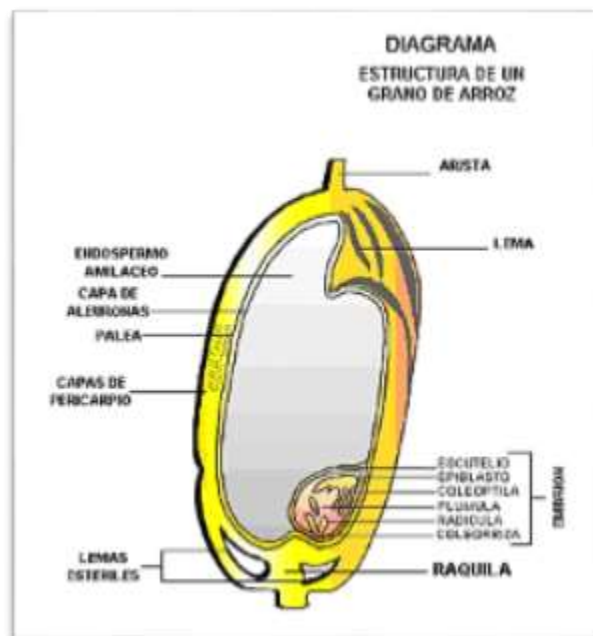


Figura 3. Estructura de un grano de arroz. Tomado de http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311603/311603_mp.htm

1.6 Cruzamientos de arroz

En el mejoramiento de arroz según (Long *et al.* 2001) hay diferentes tipos de cruces, estos son definidos en cruce simple, retrocruce, topcross y cruce doble.

1.6.1 Cruce simple: es la hibridación de una línea o variedad con otra línea o variedad. El progenitor femenino (la madre) seleccionada por mejorador, aplicando los conocimientos y experiencia de los materiales disponibles, considerando los objetivos propuestos por el programa de mejoramiento. Es fundamental seleccionar la mayor cantidad posible para cada objetivo propuesto, idealmente de diferentes fuentes genéticas para tener una variabilidad genética. Los híbridos o variedades seleccionadas como progenitor femenino es la que ofrece la base citoplasmática.

1.6.2 Retrocruce: es el híbrido de un F_1 con uno de los progenitores. Utilizado en aquellos casos que el padre es recurrente, es superior a todos los padres disponibles. Cuando la combinación del padre es baja este tipo de cruce ayuda a mejorar la oportunidad para obtener lo deseado.

1.6.3 Topcross: es el cruce de un F_1 con una línea avanzada o variedad o también llamado cruce triple, considerado para la mayoría de los mejorados como un método más efectivo que un cruce doble.

1.6.4 Cruce doble: es el híbrido de dos F_1 . Este tipo de cruce es seguro para combinar una cifra mayor de características deseables.

1.7 Potencial de Rendimiento

El potencial de rendimiento es el rendimiento máximo que puede lograr una variedad, línea avanzada o híbrido sin restricción alguna de insumos; que tolere plagas, enfermedades, mayor producción de arroz, calidad de grano, calidad culinaria y demás factores, en un ambiente óptimo teniendo en cuenta la radiación solar, temperatura y nutrición mineral (Cisneros, (sf))

1.7.1 Componentes de rendimiento

Según (Fedearroz AMTEC, 2013) los componentes de rendimiento más importantes a tener en cuenta en un cultivar son:

1.7.1.1 Máximo número granos por unidad de área: la panícula debe tener un nivel alto en número de cariósides y buena capacidad de macollamiento, lo cual permite incrementar el número de panículas por planta.

1.7.1.2 Porte bajo de la planta: su porte bajo evita el acame y protege a la panícula evitando esterilidad.

1.7.1.3 Alta capacidad de macollamiento: tiene relación con el número de panículas por planta o metro cuadrado.

1.7.1.4 Peso medio de 1000 semillas: valor importante para medir el rendimiento este peso se encuentra entre 22 y 36 gramos.

1.7.1.5 Capacidad germinativa: se puede medir en 100 semillas la cantidad de semillas germinadas demuestran la capacidad genética determinada del material.

1.7.1.6 Ciclo vegetativo: inicia en el momento de siembra hasta la etapa de maduración de un 80%, este se puede medir en dos épocas esenciales desde inicio de siembra hasta la época de floración y la segunda desde floración a maduración del grano.

1.7.1.7 Resistencia al desgrane: se mide con la presión manual que al cerrarla se desprenden los granos menos adheridos a la panícula.

1.7.1.8 Rápida y adecuada recolección mecanizada: se caracterizar por evaluar plantas con buenos tallos resistentes al vuelco, planta baja, compacta, hojas erectas, panículas sin arista y desgrane medio.

1.7.1.9 Maduración simultanea de todas las panículas y uniforme del grano: se buscan plantas con maduración sincronizada, es importante evitar plantas con panículas pequeñas y sin maduración completa ya que perjudica la humedad en la cosecha.

1.7.1.10 Calidad molinera: las preferencias del comercio están enfocadas en variedades con granos translucidos o excelsos, largos y estrechos con medidas entre ancho superior a 3, 0 mm y largo superior a 6, 0 m.m.

1.8 Desarrollo de Híbrido

El desarrollo de un híbrido de arroz difieren de los métodos convencionales usados en producción de híbridos o variedades; la obtención de esta semilla se puede aplicar el método de las tres híbridos, donde se fundamenta en dos etapas básicas a) multiplicación de híbridos A (Androestéril) en las parcelas de producción A/B (Androestéril / Fértil); b) producción de semillas híbridas F_1 en la parcela A/R (Androesteril / Restauradora). Es importante tener en cuenta que se requiere de métodos específicos para la producción de las F_1 y la multiplicación de los híbridos A, y que para la multiplicación de los híbridos B y R se desempeña de la misma forma que los híbridos o variedades convencionales. Para la producción de híbridos es básico tener en cuenta diferentes factores: elección del lugar, aislamiento, sincronización de floración, proporción y orientación de surcos y modelos de siembra, predicción y ajuste de la fecha de formación de panículas, aplicación de Giberelina, polinización suplementaria, eliminar plantas fuera de tipo y manejo especial de campo, según (Long *et al.* 2001)

Estos factores permiten obtener plantas muy uniformes vigorosas, resistencia a plagas y enfermedades constituyendo una ventaja adicional a demás materiales de arroz. La homogeneidad del cultivo es una clave principal de igual manera su alto rendimiento de los híbridos, motivan a los agricultores a pagar el valor adicional, (Schwember, 2011).

1.9 Heterosis y Habilidad Combinatoria

1.9.1 Heterosis

(Cabrera, 2013), señala que en la actualidad la heterosis es considerada como un estímulo al desarrollo (causa) mientras que el vigor híbrido es la expresión fenotípica de la heterosis (efecto); lo que significa que es la manifestación genética de los efectos benéficos de la hibridación, por tanto se considera un eficiente método de mejoramiento genético; aunque algunos investigadores aclaran que la heterosis no se debe considerar como una expresión de los caracteres favorables (heterosis positiva), ya que se puede presentar una expresión menor a lo que se le denomina (heterosis negativa) de los caracteres favorables, un ejemplo es el arroz precoz, existe caracteres en las plantas que en lugar de aumentar, se debe disminuir su expresión, como en este caso y así aprovecharlo. Debido a que el vigor híbrido es la manifestación fenotípica de la heterosis, es necesario evaluar cuál es la contribución del componente genético y ambiental en la superioridad de un determinado híbrido, para ello es importante realizar estudios de habilidad combinatoria.

1.9.2 Habilidad Combinatoria

Habilidad combinatoria hace referencia al comportamiento de híbridos o variedades cuando son utilizadas en combinaciones híbridas, entre sí; va muy asociado a la capacidad transgresiva de los genotipos y la respuesta de heterosis de estos; el mejorador realiza este estudio para identificar un grupo de progenitores con alta capacidad de híbrido. La habilidad combinatoria está dividida por general (h.c.g) y específica (h.c.e), la general está asociada a la presencia de genes principalmente con efectos adictivos, lo que indica que el progenitor es muy superior o inferior a los demás progenitores dialélicos relacionado con el comportamiento promedio de los híbridos, por consiguiente los progenitores con los valores más altos son los más indicados para formar nuevos cultivares y La específica necesariamente depende de genes con efectos dominantes, con valores bajos absolutos que indican que el comportamiento de un determinado híbrido es relativamente mejor o peor, lo que indica que este se comportan mejor con una línea específica. (Cabrera, 2013)

(Caicedo, 2017) también menciona que la habilidad combinatoria general y específica, se utiliza para identificar combinaciones de híbridos genéticas en cruces, con relación al comportamiento promedio de todas las combinaciones; donde se descartan las peores y se seleccionan las de mejor comportamiento, comparado con los progenitores.

1.10 Interacción genotipo por ambiente

La interacción GxA más frecuente es la denominada cualitativa o crossover que implica un cambio en el ranking de genotipo entre ambientes para la variable en estudio (i.e. rendimiento, proteína); es decir que el genotipo A puede ser superior al genotipo B en el ambiente X, pero inferior en el ambiente Y. (Voltas *et al.* 2001).

Los efectos principales del genotipo (G), el ambiente (E) y la interacción genotipo x ambiente han sido estudiados para estimar y definir la estabilidad de cultivares (Yan & Tinker, 2005).

(Glaz & Kang, 2008). El estudio de la interacción GxA es un elemento fundamental en aspectos como:

1.10.1 Evaluación de adaptación amplia o específica.

1.10.2 Elección de localidades para llevar a cabo procesos de selección.

1.10.3 Eliminación de un amplio número de genotipos entre los testigos de muchos ambientes, permitiendo aconsejar menos híbridos para intensificar los ensayos básicos de selección.

1.11 Adaptabilidad y Estabilidad

Según, (Simmonds, 1962) la adaptabilidad es la propiedad o habilidad de un genotipo o población de genotipos que permite la alteración de las normas de adaptación en respuesta a distintas presiones de selección mientras que adaptación es un estado de adecuación a un ambiente dado. El autor distingue entre los siguientes conceptos:

1.11.1 Adaptación específica de un genotipo, es la adaptación concreta del genotipo correspondiente a un ambiente limitado.

1.11.2 Adaptación genotípica general es la capacidad de un genotipo para producir en un rango de fenotipos compatibles con un rango de ambientes determinado.

1.11.3 Adaptación específica de una población, es la parte de la adaptación específica de una población heterogénea que es atribuible a la interacción entre los componentes más que a la adaptación de los componentes por sí mismos.

1.11.4 Adaptación general de una población es la capacidad de poblaciones heterogéneas para adaptarse a variedad de ambientes.

1.11.5 Estabilidad fenotípica caracteriza la importancia de las fluctuaciones del rendimiento observadas para un mismo genotipo cultivado en diferentes ambientes. Cuanto más estable es un genotipo, menor es su variación fenotípica. Las fluctuaciones observadas dependen de los efectos del ambiente, por un lado, y de la existencia de interacción GxA por otro: los genotipos no reaccionan o se comportan de la misma forma en un ambiente que en otro.

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Caracterizar fenotípicamente los componentes de rendimiento en 30 híbridos de arroz desarrollado en el Centro internacional de Agricultura Tropical CIAT ubicado en el departamento del Valle del Cauca Colombia.

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar en condiciones de campo características agronómicas como: floración y en estado de maduración altura de plantas, número de macollas o tallos y número de panículas.
- Determinar la relación de cada componente del rendimiento en pos cosecha: longitud de panículas, peso de 1000 semillas, peso de granos llenos, peso de granos vanos, excelso y rendimiento.
- Identificar los mejores híbridos de acuerdo al potencial de rendimiento y características agronómicas evaluadas.

3. Metodología

La metodología se realizó en dos fases con el propósito de tener un orden en el proceso de la investigación y definir el planteamiento teórico y métodos de las variables seleccionadas.

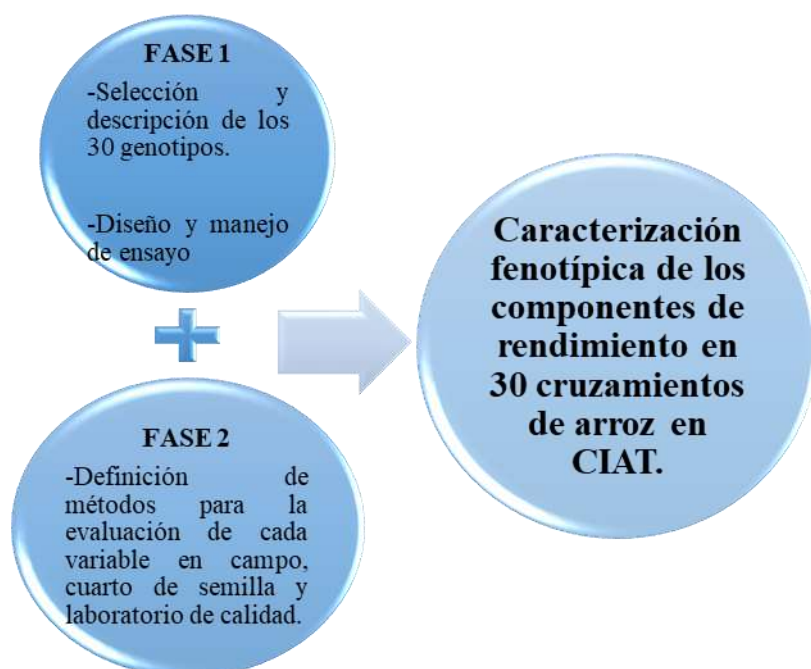


Figura 4. Fases de metodología. Fuente: Autor.

3. 1 Localización de estudio

Los ensayos se llevaron a cabo en Colombia en el departamento Valle del Cauca, municipio de Palmira, en el Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT (**Anexo 1**).



Figura 5. Ubicación del municipio de Palmira y el mapa CIAT, convenciones de cultivos. Fuente CIAT.

3.1.1 Descripción área de estudio

En Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), ubicado en el departamento del Valle del Cauca en el Km 17 recta Cali-Palmira. En el lote I3 (Nomenclatura de lotes en CIAT) a una altura sobre el nivel del mar de 965 m, situado a 3° 30' norte y 76° 21' Oeste. El ecosistema la zona corresponde al bosque seco tropical. La temperatura promedio es de 24° la mínima promedio de 19.1° y la máxima promedio de 29.3° C; el brillo solar efectivo promedio es de 5.6 horas/día y la radiación promedio de 17.8 MJ/m².

3.2 Metodología Fase 1

3.2.1 Selección y descripción de los 30 híbridos experimentales

Se seleccionaron tres testigos locales CT 23057H (híbrido), CT21375 (línea avanzada), Fedearroz-67(Variedad local) y 27 híbridos, evaluadas anteriormente en el programa de mejoramiento de arroz del CIAT.

Listado de los híbridos seleccionados para el estudio de caracterización fenotípica de los componentes de rendimiento, registrados específicamente con nomenclatura CIAT. (**Tabla 1**)

Tabla 1. *Híbridos seleccionados para caracterización fenotípica.*

Consecutivo	Código de la línea	Consecutivo	Código de la línea
1	CT25633	16	CT25646
2	CT25644	17	CT25638
3	CT25648	18	CT25641
4	CT25637	19	CT25630
5	CT25649	20	CT25645
6	CT25652	21	CT25671
7	CT25634	22	CT25639
8	CT25651	23	CT25642
9	CT25632	24	CT25629
10	CT25631	25	CT25636
11	CT25643	26	CT25669
12	CT25647	27	CT25640
13	CT25670	28-Testigo 1 (T1)	CT23057H
14	CT25650	29- Testigo 2 (T2)	CT21375
15	CT25635	30- Testigo 3 (T3)	FEDEARROZ 67

3.2.1.1 Descripción de los tres testigos.

3.2.1.2 CT 23057H (híbrido): o también denominado HL23057 por el (CIAT) es una semilla uniforme, con mayor capacidad de comportamiento que los progenitores y este híbrido ha demostrado diferentes ventajas comparado con variedades comerciales elite como Fedearroz Lagunas CL Fedearroz 60, Fedearroz 473, Fedearroz 733; mediante ensayos realizados en los campos de experimentación CIAT y FEDEARROZ en diferentes localidades (Montería, Saldaña, Ibagué, Villa Villavicencio). Según estudios realizados por las dos entidades han observado resultados, el rendimiento de este híbrido elite es el mejor testigo en los diferentes ensayos, ya que tiene un promedio de 1,4 Ton/Ha superiores los testigos locales. Este híbrido ha mostrado resistencia al hongo (*Pyricularia Oryzae*) el más común en Villavicencio, Colombia, que afecta la hoja y el cuello de la panícula, también a otras enfermedades como manchado de grano, escaldado de hoja y resistencia a *Helminthosporium*. En cuanto a su calidad de grano presenta características de aceptación al mercado, como grano entero, centro blanco y contenido de amilosa, de igual manera en los diferentes ensayos presenta que es un híbrido de ciclo corto; por tanto, lo hace un material bastante competitivo, según (Torres, (s.f)).

3.2.1.3 CT21375 es una línea avanzada producida por CIAT, según estudios realizados por FEDEARROZ y CIAT en Saldaña- Montería y Yopal – Casanare en dos periodos de siembra, ha demostrado que posee características morfológicas superior comparado con las variedades comerciales como Fedearroz 2000 y Fedearroz 733; en los resultados se observó que tiene un alto porcentaje de fertilidad, mayor peso de 1000 granos, alto número de panículas por m² ; lo cual permite compararlo con las demás híbridos avanzadas, tomado de (Petro Eliel, J.C. 2015).

3.2.1.4 Fedearroz-67 es una variedad comercial, se produce en el centro del país, en los llanos orientales y en diferentes zonas, lo que demuestra una amplia adaptabilidad, obtención de alto

rendimiento, buen comportamiento fitosanitario y calidad molinera, lo que la hace una variedad competitiva y pertinente para el agricultor (Fedearroz, 2016).

3.2.2 Descripción de los 27 híbridos experimentales

Están constituidos por líneas avanzadas, desarrolladas para alto potencial de rendimiento (número de granos por panícula, panícula larga, número de panículas por planta, peso de grano) con el fin de evaluar su habilidad combinatoria que nos permita identificar combinaciones híbridas de arroz con alto potencial de rendimiento. Para identificar las mejores combinaciones que al final puedan convertirse en híbridos comerciales.

Los híbridos están identificados por un prefijo “CT” que significa híbrido CIAT seguido por una secuencia numérica que corresponde a la cantidad de híbridos realizados por CIAT hasta la fecha, posteriormente se le adiciona un (-) y un número que representan la generación filial del genotipo.

3.2.3 Diseño y Manejo de ensayo

El ensayo se realizó con un diseño de bloques incompletos (alfa latice) con dos repeticiones distribuidas en 6 bloques de 5 (parcelas).

BLOQUE PLANO						
1	101	102	103	104	105	REPT.1
2	106	107	108	109	110	
3	111	112	113	114	115	
4	116	117	118	119	120	
5	121	122	123	124	125	
6	126	127	128	129	130	REPT.2
7	201	202	203	204	205	
8	206	207	208	209	210	
9	211	212	213	214	215	
10	216	217	218	219	220	
11	221	222	223	224	225	
12	226	227	228	229	230	

Figura 6. Plano de siembra en campo de los 30 híbridos

Tabla 2. Listado de los híbridos con diseño en campo.

Número Parcela	Repetición	Designación	Número Parcela	Repetición	Designación
101	1	CT25633	201	2	CT25649
102	1	CT25644	202	2	CT25645
103	1	CT25648	203	2	CT25669
104	1	CT25637	204	2	CT25647
105	1	CT25649	205	2	CT25635
106	1	CT25652	206	2	CT23057H
107	1	CT25634	207	2	CT25639
108	1	CT25651	208	2	CT25641
109	1	CT25632	209	2	CT25633
110	1	CT25631	210	2	CT25652
111	1	CT23057H	211	2	CT25671
112	1	CT21375	212	2	CT25670
113	1	CT25643	213	2	CT25644
114	1	CT25647	214	2	CT25634
115	1	CT25670	215	2	CT25640
116	1	CT25650	216	2	CT25646
117	1	CT25635	217	2	CT25643
118	1	CT25646	218	2	CT25637
119	1	CT25638	219	2	CT25636
120	1	CT25641	220	2	CT25631
121	1	CT25630	221	2	CT25642
122	1	CT25645	222	2	CT25650
123	1	CT25671	223	2	FEDEARROZ 67
124	1	CT25639	224	2	CT25651
125	1	CT25642	225	2	CT21375
126	1	CT25629	226	2	CT25632
127	1	FEDEARROZ 67	227	2	CT25638
128	1	CT25636	228	2	CT25630
129	1	CT25669	229	2	CT25629
130	1	CT25640	230	2	CT25648

3.2.4 Manejo

El ensayo se realizó mediante la metodología de trasplante. Las semillas fueron sembradas en camas las cuales después 25 días, fueron trasplantadas en el sitio definitivo; Las parcelas tenían 2.4 mt. de ancho por 1,2 mt. de largo en la cual se distribuyeron 32 plantas en 4 surcos a una distancia de siembra de 0,30 m. entre plantas y 0,30 m. entre surcos para un área total de 2,88 m² por parcela, (Figura 5). Se realizaron dos repeticiones cada una con 30 parcelas para un área

de 86,4 mt² por repetición y para un área total del ensayo de 172.8 mt². El manejo agronómico corresponde a las labores convencionales (**Anexo 2**).

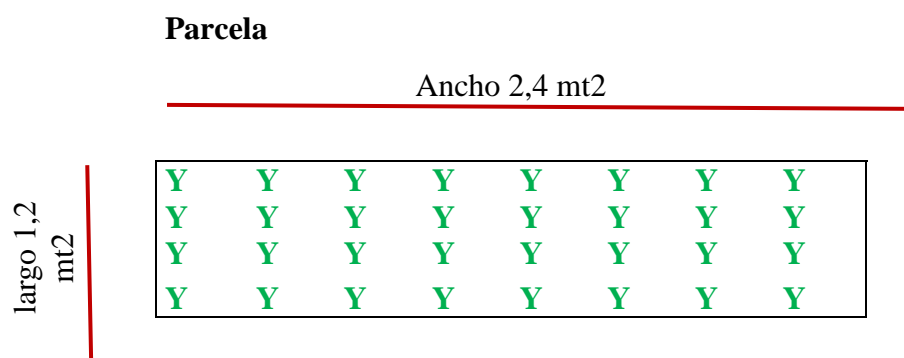


Figura 7. Distribución de plantas en campo por cada híbrido.

3.3 Metodología Fase 2

3.3.1 Definición de métodos para la evaluación de cada variable en campo, cuarto de semilla y laboratorio de calidad.

Para obtener los datos de cada variable se tomaron 5 plantas de cada híbrido como unidad experimental. Las variables de floración, altura de planta, conteo de macollas o tallos, conteo de panículas se realizaron en campo; y para las demás variables (Longitud de panícula, número de granos llenos por planta, peso de granos llenos por planta, número de granos vanos por planta, peso de granos vanos por planta, peso de mil granos llenos, Rendimiento (kg/ha)) se cosecharon 5 plantas desde nivel del suelo y se colocaron en bolsas de papel debidamente marcadas y selladas para no perder ninguna clase de materia (hojas, tallos, panículas, granos), estas se llevaron al cuarto de semillas donde se realizaron las diferentes actividades como medidas, conteos y desgrane para la obtención de datos, teniendo en cuenta que las muestras se encuentran húmedas se colocaron en un horno de secado a 30°C, por 4 días aproximadamente (los días depende de la humedad que traiga de campo) hasta lograr la

humedad requerida de la semilla (12°C). Luego de obtener la humedad requerida se tomaron los debidos pesos, de igual manera se realizó el proceso de molinería en el laboratorio de calidad.

3.3.1.1 Variables de medición asociados a los componentes de rendimiento en campo

3.3.1.2 Floración: Para registrar el número de días a floración de cada híbrido, se inició el conteo a partir de 5 días después de siembra (pasado la germinación) hasta la emergencia de panículas, en un estado de 50% por parcela; esta se expresó en días.



Fotografía 1: Ejemplo en estado de floración (parcela 212- CT25670) en híbridos de arroz. Tomada por: Mauricio Velásquez.

3.3.1.3 Altura de planta: Para esta variable se procedió a medir 5 plantas las cuales fueron tomadas al azar en el área útil (los dos surcos centrales) de cada cuadro experimental considerando el nivel del suelo, hasta el ápice de la panícula más larga, esta medida fue tomada con una regla metálica en centímetros. Esta variable se tomó en etapa de maduración del cultivo.



Fotografía 2: Medición de altura de planta en híbridos de arroz. (parcela 101- CT25633) Tomada por: Mauricio Velásquez.

3.3.1.4 Número de macollas: el conteo de macollas se realizó en estado de maduración, teniendo en cuenta hasta los tallos más pequeños que solo cuentan con dos hojas. Esta actividad se puede tomar en campo y o en el cuarto de semillas.



Fotografía 3: Conteo de macollas en híbridos de arroz (parcela 107- CT25634). Tomada por: Mauricio Velásquez.

3.3.1.5 Número de panículas: se realizó el conteo de todas las panículas por planta; esta variable se tomó en campo en estado de maduración,



Fotografía 4: Conteo de panículas de híbridos de arroz (parcela 210- CT25652). Tomada por: Mauricio Velásquez.

3.3.2 Variables de medición asociados a los componentes de rendimiento en poscosecha (cuarto de semillas)

3.3.2.1 longitudes de panículas: la medición se realizó desde el primer nudo de la panícula (base de la panícula) hasta la punta del último grano, esta longitud es tomado en centímetros.

3.3.2.2 Número de granos llenos por planta: Para obtener el número de granos fue necesario separar de cada panícula los granos llenos, los cuales fueron contados con una contadora digital por tanto fue necesario limpiar los granos y dejarlos libres de impurezas como: raquis de panícula, granos vanos u otros tipos de semillas, para obtener mayor precisión en los resultados.



Fotografía 5: Granos de arroz llenos obtenidos de los híbridos (parcela 116- CT25650). Fuente: Autor.

3.2.2.3 Peso de granos llenos por planta: Para tomar el peso de los granos llenos se tuvo en cuenta la humedad del grano (12°C) se utilizó una balanza semi- analítica.

3.3.2.4 Número de granos vanos por planta: la obtención de datos fue indispensable separar de cada panícula, los granos vanos, el conteo fue manual debido a que son menores cantidades comparados con los llenos.



Fotografía 6: Granos de arroz vanos o vacíos obtenidos de los híbridos, (parcela 118- CT25646) Fuente: Autor.

3.3.2.5 Peso de granos vanos por planta: Para tomar el peso de los granos vanos se mantuvo la humedad requerida, se usó una balanza semi- analítica.

3.3.2.6 Peso de mil granos llenos: Se realizó el conteo de mil granos de cada híbrido y se tomó el peso con ayuda de una balanza analítica.

3.3.2.7 Rendimiento (kg/ha) Este dato se determinó al pesar el arroz en cáscara y venteado (libre de granos vanos) tomado del área útil (8 plantas, de los surcos centrales) de cada unidad experimental. El grano se ajustó al 14 % de humedad, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$Pa = \frac{(100 - HI) * (PM)}{100 - HD} \times \frac{10}{AC}$$

Dónde:

Pa = peso ajustado

HI = humedad inicial

PM = peso de la muestra

HD = humedad deseada

AC = área cosechada

3.3.3 Variable de medición asociada a los componentes de rendimiento en laboratorio de calidad.

3.3.3.1 Molinería: luego de tomar los respectivos datos, se pesó 125 gramos de cada híbrido (granos llenos, limpios y con humedad requerida), las muestras se descascararon usando un molino, luego se pulieron y se pesaron para obtener un primer dato entre partido y entero y así clasificarlo y obtener el excelso, el cual se pesó para obtener el dato de molinería.



Fotografía 7: Granos excelso de los híbridos de arroz (parcela 229- CT25629). Fuente: Autor.

3.4 Datos estadísticos y análisis

En este estudio se utilizó un diseño experimental de bloques incompletos (alfa latice) en dos repeticiones con 12 bloques cada uno conformado por 5 parcelas y estos conformados por 8 plantas y 4 surcos, de los cuales se tomaron 5 plantas centrales. Los análisis se realizaron en el software SAS., análisis de varianza y estadística descriptiva (ANOVA).

4. Resultados

Mediante el estudio realizado para la mayoría de las variables se encontraron diferencias significativas entre los híbridos, a continuación se presentan los resultados de acuerdo a cada variable.

4.1 Floración

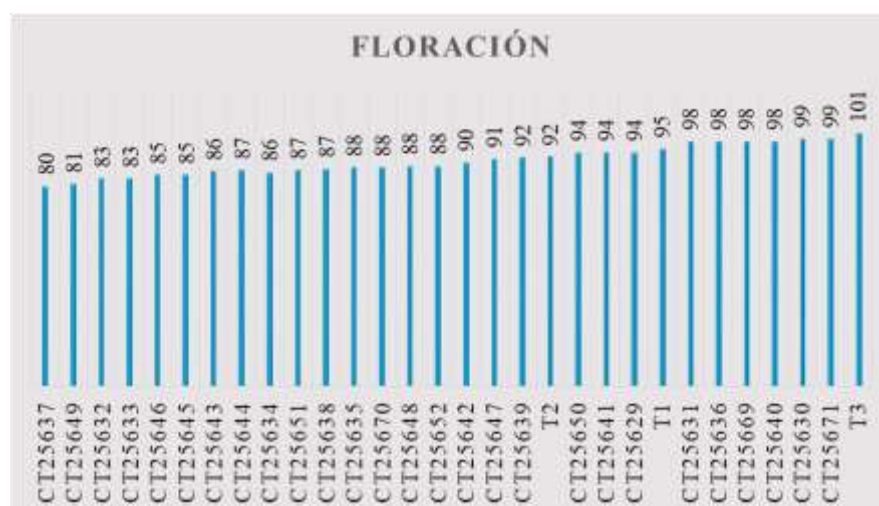


Figura 8. Días de Floración de 30 híbridos de arroz.

En la figura 8 los híbridos presentan un promedio de 90 días a floración, siendo el cruce CT25637 más precoz con 80 días, seguido de CT25652 con 88 días y el más tardío el testigo T3 (FEDEARROZ 67) con 101 días de floración después de la siembra.

4.2 Comparación de rendimiento en los 27 híbridos vs Testigos

Tabla 3. Valores de rendimiento de 3 híbridos superiores con respecto al Testigo T1 (CT23057).

Híbrido	Rendimiento kg/Ha	Rendimiento T1 kg/Ha	Diferencia Rendimiento kg/Ha	tValue	Probt
CT25649	15714	12114	3599	0,19	0.0021
CT25638	15290	12114	3175	3.50	0.0048
CT25636	14462	12114	2347	2.59	0,17222

Estos híbridos CT25636, CT25638, CT25649, tuvieron diferencia significativa, con rendimiento superior con respecto al mejor testigo **T1 (CT 23057)** con rendimiento de 12114 Kg/Ha considerado como un híbrido de alto rendimiento. En la Tabla 3, se observa que el híbrido de mayor rendimiento es CT25649 con 15714 Kg/Ha, con una diferencia mayor de 3599 Kg/Ha, seguido de CT25638 con rendimiento de 15290 Kg/Ha, con diferencia superior de 3175 Kg/Ha y el CT25636 con 14462 Kg/Ha, con diferencia en rendimiento de 2347 Kg/Ha. Teniendo en cuenta, para que un híbrido sea competitivo debe rendir un 20% más que la mejor variedad, (Long 2001), por tanto estos tres híbridos presentan rendimiento superiores a 2 toneladas bajo las condiciones del ensayo, lo cual los hace ser muy competitivos como híbridos comerciales. De igual manera los híbridos presentan un buen rendimiento comparados con los demás testigos (T2 CT21375, T3 FEDEARROZ 67) pero dichas diferencias no fueron significativas, (Anexo 3).

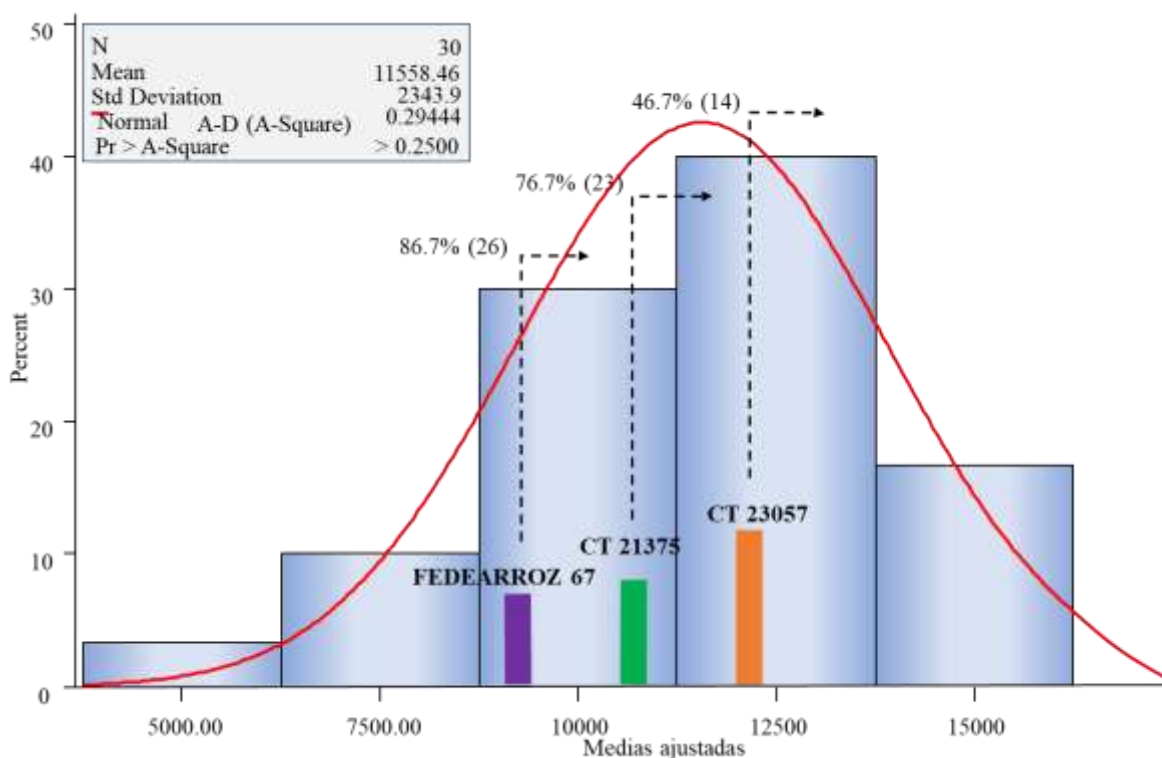


Figura 9. Rendimiento de 27 híbridos de arroz con respecto a los tres testigos T1 (CT23057), T2 (CT21375) y T3 (FEDEARROZ 67)

En la figura 9 dentro del análisis se encuentra 14 híbridos (46.7%) iguales y superiores en rendimiento con respecto al testigo T1 CT23057 se encuentran entre 12157 Kg/Ha hasta 15714 Kg/Ha; 23 híbridos (76%) presentan rendimiento iguales y superior frente al T2 CT21375 cuyos rendimientos están entre 10677 hasta 15714 kg/Ha y 26 híbridos (86.7%) iguales y superiores al T3 FEDEARROZ 67 estos se encuentran entre 9238 kg/Ha hasta 15714 kg/Ha. También se identificaron 4 híbridos (CT25650, CT25637, CT25647 y CT25671) inferiores a los testigos ver (Anexo 4).

4.3 Comparación de rendimiento y sus componentes

Para analizar la relación entre el rendimiento y sus componentes se realizó un análisis de componentes principales, donde se presentan 8 grupos representativos que muestran el aporte de cada variable a los resultados de rendimiento.

Tabla 4. *Análisis de componentes principales*

Variable	Significado variable	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4
altura	Altura de planta	0.303989	-.112770	0.413345	0.482959
nnmacollas	Numero de macollas	-.399374	0.405955	0.006574	0.124519
LongPan	Longitud de plantas	0.282391	-.414874	-.152159	0.046514
nPanículas	Numero de panículas	-.397798	0.408438	0.019299	0.127324
p1000g	Peso de 1000 granos	0.075019	0.107186	-.481615	0.477172
pglleno	Peso de grano lleno	0.389943	0.438048	-.019124	-.111804
pgvano	Peso de grano vano	-.153110	-.054839	0.644629	0.388720
ptotalg	Peso total de grano	0.379534	0.448262	0.097655	-.045593
excelso	Grano excelso	-.159533	-.093902	0.322031	-.559985
RTO	Rendimiento	0.399350	0.259620	0.210884	-.160974

En los 4 componentes principales se identifican todas las variables, el principal 1 presenta un porcentaje alto de 0.389943 en la variable de peso de grano lleno y rendimiento con 0.399350, también en el peso total de grano con un porcentaje de 0.379534; en el principal 2 se identifica 4 variables con altos porcentajes número de macollas 0.405955, numero de panículas 0.408438, peso de granos totales 0.438048 y peso total 0.448262; en el principal 3 se encuentra dos variables representantes peso de grano vano 0.644629, grano excelso 0.322031 y en el

principal 4 presenta 3 variables sobresalientes altura de planta 0.482959, longitud de panícula 0.046514 y numero de panículas 0.477172.

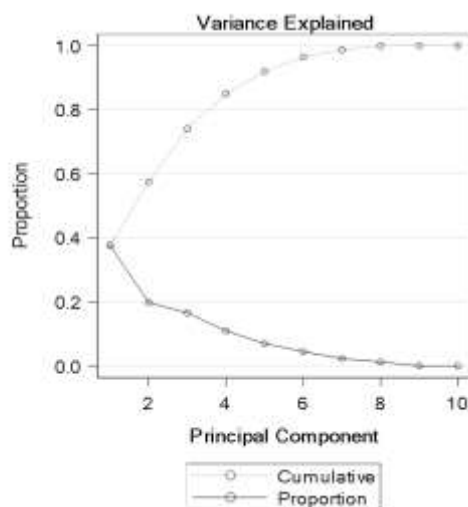


Figura 10. Explicación de varianza

Tabla 5. Valores de correlación

Eigenvalues of the Correlation Matrix				
	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	3.76730530	1.78757272	0.3767	0.3767
2	1.97973258	0.32108811	0.1980	0.5747
3	1.65864447	0.56236734	0.1659	0.7406
4	1.09627713	0.39941074	0.1096	0.8502

Los 4 componentes principales demuestran todas las variables necesarias para el estudio, ya que hasta el principal 4 se puede analizar el 0.8502% (Tabla 5) en la varianza explicada (Figura 8) donde se identifica las variables más pertinentes al alto rendimiento en estos híbridos; las variables más significativas se dividieron en 8 grupos como se demuestra en la (Figura 9).

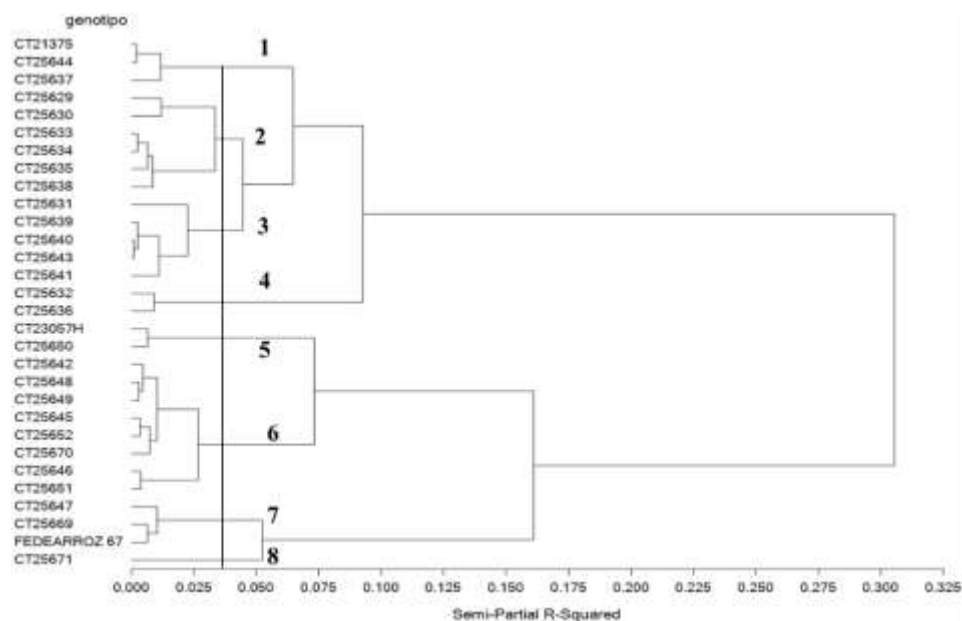


Figura 11. Análisis de grupos de varianza mínima de Ward

En el análisis de varianza mínima (Figura 9) se observa 8 grupos, estos se dividen por las variables más representativas lo que permite identificar porque los híbridos obtuvieron altos resultados.

4.4 Grupos formados

Tabla 6. Grupo 1. Caracterización de 5 híbridos con promedios casi semejantes en la variable de *Long pan* (longitud de panícula).

Genotipo	altura	nnmacollas	Long Pan	nPanículas	p1000g	pglleno	pgvano	Excels o	RTO Kg/Ha
CT25631	123	19	30.5	19	31.50	543.12	31.41	41.00	12959
CT25639	117	15	29.5	15	28.95	455.50	12.85	59.30	13856
CT25640	113	16	29.5	16	28.84	466.32	17.21	50.50	11572
CT25641	116	14	29.2	13	30.57	447.10	8.25	39.45	11753
CT25643	115	18	29.6	17	26.81	451.75	12.30	53.90	12674
Promedio	117	16	29.7	16	29.34	472.76	16.41	48.83	12563

Los 5 híbridos del grupo 1 (Tabla 6), cuentan con la variable de longitud de panículas con promedios de 29.7 centímetros, este componente favorece al híbrido CT25639 con panícula larga 29.5 cm, peso de granos llenos 455.50 gramos, estas variables hace que este tenga un alto rendimiento de 13856 Kg/Ha, dentro del grupo 1.

Tabla 7. Grupo 2. Caracterización de 3 híbridos con promedios casi semejantes en la variable *n-panículas* (número de panícula).

Genotipo	altura	nnmacollas	LongPan n	nPanículas	p1000g	Pglleno	pgvano	excelso	RTO Kg/Ha
CT21375	120	15	30.0	15	24.45	386.25	15.25	57.50	10677
CT25637	105	17	31.3	16	23.15	312.22	12.01	48.60	8064
CT25644	116	16	31.2	16	28.55	417.80	6.65	65.45	10759
Promedio	114	16	30.8	16	25.39	372.09	11.31	57.18	9833

El grupo 2 (Tabla 7), presenta 3 híbridos con la variable en común *npaniculas* con promedio de 16, el híbrido CT25644 obtiene 16 panículas, con un peso de 1000 granos 28.55 gramos, lo que influye mucho en el rendimiento 10759.14Kg/Ha el cual es el más significativo de este grupo 2 y del T2 CT21375.

Tabla 8. Grupo 3. Caracterización de 6 híbridos con promedios casi semejantes en la variable *LongPan* (longitud de panícula) y *p1000g* (peso de mil granos).

Genotipo	nnmacoll		LongPan	nPaniculas	p1000g	pglleno	pgvano	excelso	RTO Kg/Ha
	altura	as							
CT25629	123	18	29.8	18	27.51	316.15	34.90	50.8	11045
CT25630	130	21	30.5	20	24.79	417.82	54.41	56.7	13001
CT25633	131	14	30.1	13	24.36	506.75	35.70	56.0	12157
CT25634	135	15	30.6	14	27.74	504.15	35.10	52.4	13516
CT25635	127	15	29.1	15	28.17	407.10	30.05	58.5	13908
CT25638	119	16	29.4	16	27.36	519.15	27.65	58.4	15290
Promedio	127	16.6	29.9	16	26.66	445.19	36.30	55.4	13153

El grupo 3 (Tabla 8), presenta 6 híbridos caracterizados por la variable *longpan* (longitud de panícula) con promedio de 29.9 cm y *p1000g* (peso de 1000 granos) con promedio de 26.66 gr. El híbrido CT25638 presenta el mayor rendimiento en este grupo y uno de los mejores híbridos con 15290 Kg/Ha, debido a que intervienen algunas variables importantes como: Longpan con 29.4 cm, *p1000g* con 27.36 gramos, *pglleno* con 519.15 gr, se observa que estas variables influyen mucho en el rendimiento en este grupo.

Tabla 9. Grupo 4. Caracterización de 8 híbridos con promedios casi semejantes en la variable *pglleno* (peso de grano lleno).

Genotipo	altura	nnmacoll as	LongPan	nPaniculas	p1000g	pglleno	pgvano	excelso	RTO Kg/Ha
CT25642	105	19	28	19	24.88	416.60	22.50	68.20	10916
CT25645	112	19	28	18	29.20	467.80	9.10	68.40	12771
CT25646	113	19	29	19	28.54	455.90	6.80	51.55	11209
CT25648	102	23	28	23	23.70	458.72	21.81	62.20	12348
CT25649	105	21	29	21	21.69	449.35	20.05	62.05	15713
CT25651	108	21	28	21	30.79	420.05	8.85	53.55	9664
CT25652	106	22	28	21	29.84	486.42	16.81	63.80	11068
CT25670	117	23	28	23	25.74	475.90	24.30	57.35	11811
Promedio	109	21	28	20	26.80	453.84	16.28	60.89	11937

Se caracterizan 8 híbridos con variables muy diversas en el grupo 4 (Tabla 9), la variable más similar es *pglleno* (peso de grano lleno) con promedio de 453.84 gr. En este grupo se identifica el híbrido de mayor rendimiento el CT25649 comparado con todos los híbridos de estudio, cuenta con un rendimiento de 15713Kg/Ha, debido a la longitud de panícula es larga 29 cm, lo que permite tener mayor cantidad de granos por panícula, presenta buena calidad en molinería ya que tiene un excelso de 62.05 %, es el porcentaje de arroz elaborado entero y partido (3/4) de longitud resultante del descascarado libre de impurezas (INCONTEC 2001).

Tabla 10. Grupo 5. Caracterización de 3 híbridos con promedios casi semejantes en la variable *pgvano* (peso de granos vanos).

Genotipo	altura	nnmacoll as	LongPan	nPaniculas	p1000g	pglleno	pgvano	excelso	RTO Kg/Ha
CT25647	102	23	29.9	23	20.07	277.62	33.91	63.3	7045
CT25669	104	20	28.7	20	25.79	332.22	32.81	61.0	9858
FEDEARROZ 67	119	24	27.1	23	26.03	321.60	32.65	62.1	9238
Promedio	108	22	28.6	22	23.96	310.49	33.13	62.1	8714

El grupo 5 (Tabla 10), presenta una variable en común *pgvano* (peso de grano vano) con promedio de 33.13 gr, el T3 FEDEARROZ 67 con 32.65 gr es el más estéril de los tres testigos, lo que indica que este grupo es afectado en el rendimiento por esta variable.

Tabla 11. Grupo 6. Caracterización de 2 híbridos con promedios iguales en la variable *nmacollas* (número de macollas).

Genotipo	altura	nnmacoll as	LongPan	nPaniculas	p1000g	pglleno	pgvano	excelso	RTO Kg/Ha
CT23057H	114	27	26.4	27	24.57	432.60	48.15	44.8	12114
CT25650	108	27	27.5	27	29.48	477.52	29.21	56.9	8454
Promedio	111	27	26.9	27	27.03	455.06	38.68	50.8	10284

El CT23057 y CT25650 del grupo 6 (Tabla 11), cuentan con igual número de macollas 27 lo que indica que esta variable va muy relacionada con el número de panículas 27. Este indicador es importante en rendimiento ya que todos los tallos desarrollados obtendrán panículas lo que indica que estos híbridos se pueden cultivar en áreas determinadas y van a producir proporcionalmente iguales cantidades.

Tabla 12. Grupo 7. Caracterización de 2 híbridos con promedios casi semejantes en la variable *pglleno* (peso de granos llenos).

Genotipo	altura	nnmacoll as	LongPan	nPaniculas	p1000g	pglleno	pgvano	excelso	RTO Kg/Ha
CT25632	121	14	27.9	14	24.21	473.7	45.20	61.15	13373
CT25636	136	17	29.6	17	24.52	509.9	54.45	69.40	14461
Promedio	129	16	28.7	16	19.37	491.8	49.83	65.28	13917

En el grupo 7 (Tabla 12), se observa una variable importante en los dos híbridos, *pglleno* con promedio de 491.8 gr; el CT25632 obtuvo rendimiento en molinería excelso de 61.15%, el híbrido CT25636 obtuvo rendimiento en molinería excelso de 69.40%, así mismo es el tercero en alto rendimiento 14461 Kg/Ha comparado con los todos los híbridos.

Tabla 13. Grupo 8. Caracterización de 1 híbrido con promedio más bajo en la variable *RTO* (rendimiento).

Genotipo	altura	Nnmacoll as	LongPan	nPaniculas	p1000g	pglleno	pgvano	excelso	RTO Kg/Ha
CT25671	115	22	28.0	22	27.51	89.3283	70.4175	68.9	5467

El híbrido CT25671 del grupo 8 (Tabla 13), es el más estéril comparado con todos los híbridos de estudio, se observa que el RTO es de 5467 Kg/Ha, fue muy bajo debido a que tiene un peso significativo en la variable *pgvano* (peso de grano vano) con 70.41gr. El rendimiento no logra tener igualdad ni con el T3 FEDEARROZ 67 que tiene un rendimiento bajo, lo que indica que este híbrido no es calificado para próximos estudios.

Tabla 14. Caracterización de los 3 híbridos con mayor rendimiento

Genotipo	altura	nnmacollas	LongPan	nPaniculas	p1000g	pglleno	pgvano	excelso	RTO Kg/Ha
CT25649	105	21	29	21	21.690	449.350	20.0500	62.05	15713
CT25638	119	16	29.4	16	27.365	519.150	27.6500	58.4	15290
CT25636	136	17	29.6	17	24.525	509.9	54.45	69.40	14461
FEDEARROZ 67	119	24	27.1	23	26.035	321.600	32.65	62.1	9238

Mediante la caracterización (Tabla 14), se observa que la variable *longpan* con promedio de 29 cm, influye mucho en los rendimientos, los 3 híbridos con alto rendimiento cuentan con mayor longitud de panículas lo que indica que contienen más granos por panícula, cabe señalar que es importante tener en cuenta que todos o la mayoría de los granos sean fértiles o llenos porque si hay un promedio alto en el peso de granos vanos la longitud seria insignificante, lo que indica que si esta se incrementa, los híbridos en el rendimiento disminuyen.

4.5 Comportamiento de los componentes en los diferentes grupos

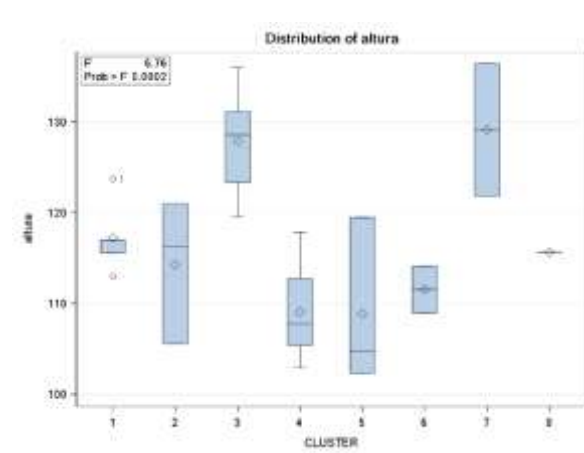


Figura 12. Distribución de altura en los 8 grupos.

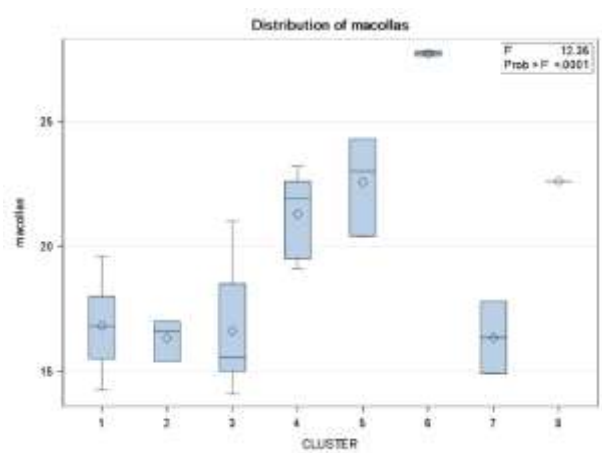


Figura 13. Distribución de número de macollas en los 8 grupos.

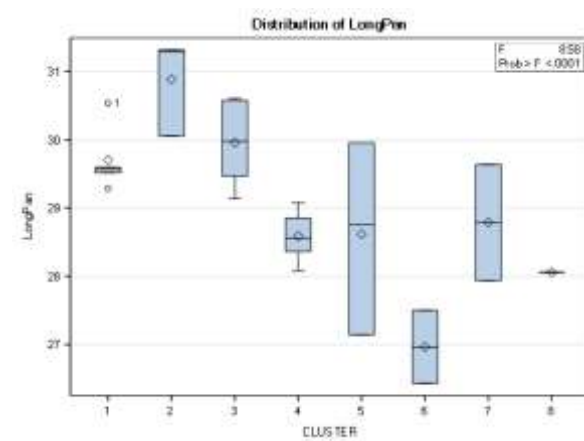


Figura 14. Distribución de longitud de panículas en los 8 grupos.

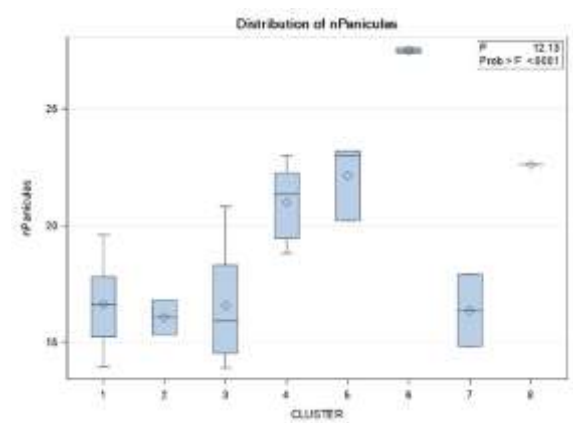


Figura 15. Distribución de número de panículas en los 8 grupos.

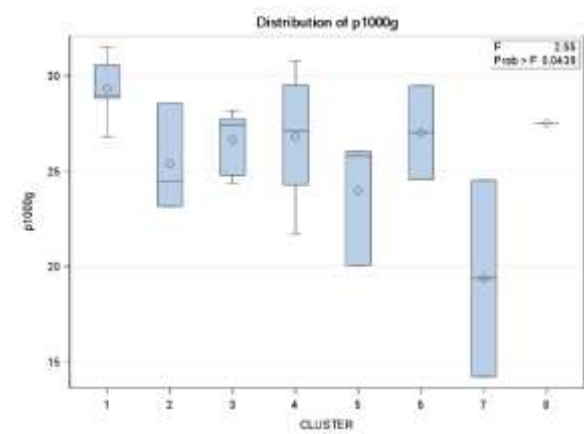


Figura 16. Distribución de peso de 1000 granos en los 8 grupos.

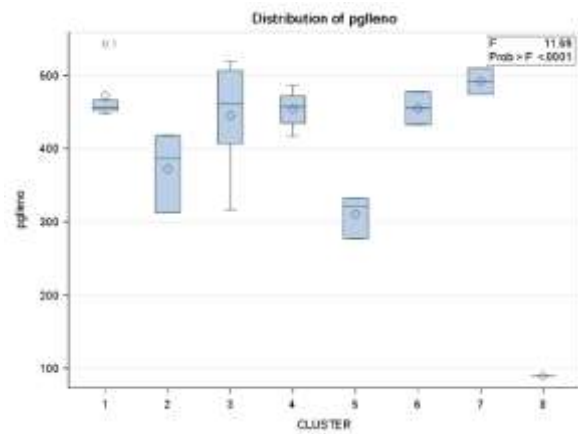


Figura 17. Distribución peso de granos llenos en los 8 grupos.

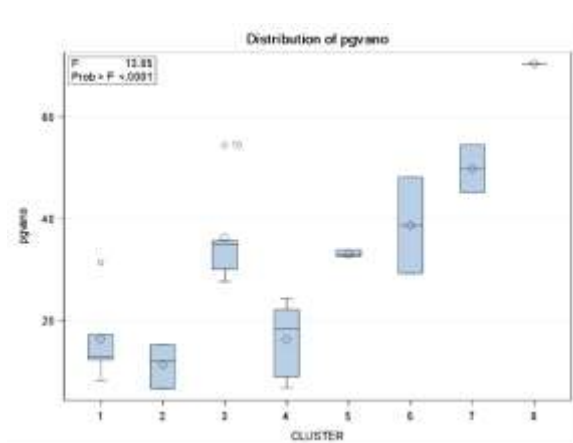


Figura 18. Distribución peso de granos vanos en los 8 grupos.

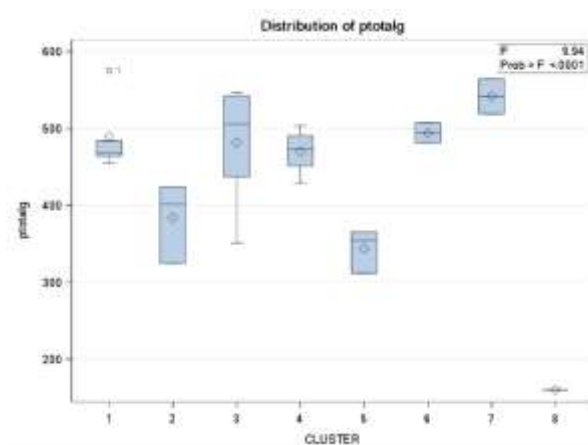


Figura 19. Distribución peso de granos totales en los 8 grupos.

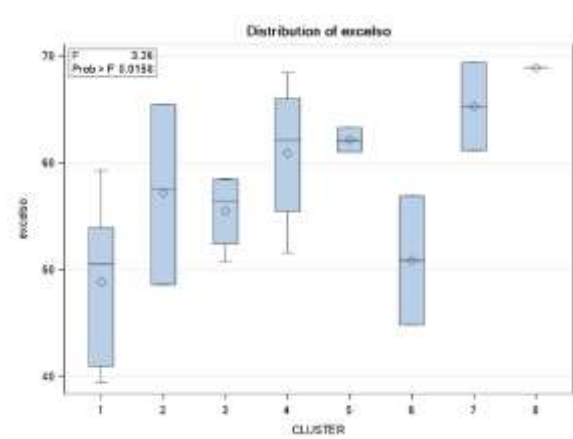


Figura 20. Distribución de granos excelso en los 8 grupos.

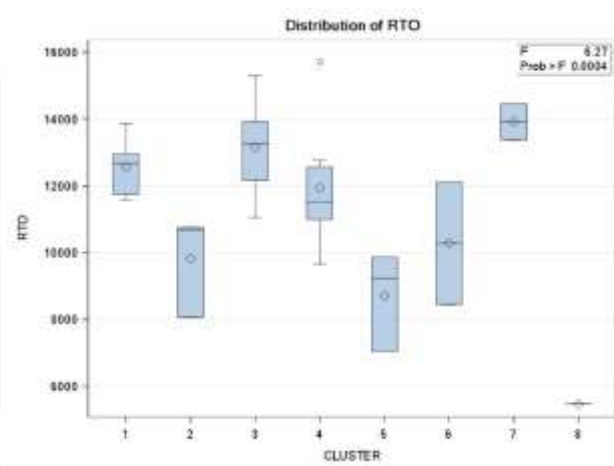


Figura 21. Distribución de rendimiento en los 8 grupos.

En las figuras se observa el comportamiento de cada variable por cada cluster o grupo donde se presenta altura (Figura 12), macollas (Figura 13), longpan (Figura 14), y npaniculas (Figura 15), pglleño (Figura 17), pgvano (Figura 18), ptotalg (Figura 19), RTO (Figura 21) una diferencia altamente significativa (***) y P1000g (Figura 16), Excelso (Figura 20), con diferencia significativa.

En las figuras 12 hasta 21 muestra las cajas de cada variable en los 8 grupos, donde se observa que son de diferentes tamaños, en algunos muestra una diferencia grande en los resultados lo que demuestra que las cajas son amplias y en otras indica que los resultados son casi semejantes en cada variable por tanto las cajas son pequeñas. Ejemplo: en la figura 20. Distribución de Excelso se observa que las cajas del grupo 1, 2, 4 y 6 son amplias lo que indica que hay valores muy diferentes que hacen que esta sea amplia, y los grupos 3, 5 y 7 los datos son similares lo que hace que la caja tenga una menor ampliación y en el grupo 8 solo hay un dato por tanto no tiene amplitud. Otro ejemplo se puede observar en la figura 21. Distribución de rendimiento en este caso las cajas son un más homogéneas comparado con la anterior en los grupos 1, 3, 4, 7 tienen tamaños semejantes y los grupos 2, 5 y 6 con una distribución aceptable y el grupo 8 cuenta con un dato, además de ello se puede observar que los grupos 1, 2, 3, 5 se encuentran por debajo de la media y los grupo 4 se encuentra por encima de la media, así mismo se observa que el grupo 6 y 7 se encuentran en la media.

5. Discusión

A partir de los resultados encontrados se acepta la hipótesis alternativa general que establece que existe una relación con la caracterización fenotípica en los componentes de rendimiento, para evaluar cada uno de ellos e identificar cuál de estos influye más en el rendimiento de un híbrido de arroz.

Estos hallazgos están relacionados con los estudios realizados por (Long-Ping *et al.* 2001) quienes señalan que para generar un híbrido debe ser mayor del 20% mayor de rendimiento comparado con la variedad comercial, en este caso se comparó con variedad Fedearroz 67, estos autores expresan que los híbridos con mayor rendimiento potencial pueden ser comercializados.

En lo que respecta a la caracterización fenotípica de los componentes de rendimiento se tienen en cuenta que gran parte de los materiales presenta floración precoz, con promedio (90 días) comparada con el testigo local Fedearroz 67 (110 días), la cual es cultivada en gran área en el territorio nacional como indica (Fedearroz, 2015).

La altura de planta es altamente significativa en los 30 genotipos, es importante conocerla para establecer un plan de manejo en campo ya que esta se asocia a la tendencia al acame. según como comenta (Pérez, 1992).

Los componentes de rendimiento como menciona (Fedearroz AMTEC, 2013) uno está relacionado con otro, igualmente (Arregoces, 1987) señala que algunos contribuyen significativamente al rendimiento de arroz en grano, como: peso de 1000 granos llenos, granos por panícula. Mediante el estudio se identifica además que longitud de panícula es otra variable significativa.

Mediante los resultados obtenidos se identifica tres híbridos (CT25649, CT25638 y CT25636) con rendimientos mayores a los 20% comparados con la variedad fedearroz 67, variedad comercial, donde la variable longitud de panícula influye significativamente en el rendimiento según como señala (Ámela, 2008) donde coincide que si se obtiene una panícula larga se puede obtener una correlación positiva con el incremento de ramificaciones primarias y secundarias por panícula.

Según investigaciones realizadas por (Long-Ping *et al.* 2001) menciona que otra variable importante en el rendimiento es el porcentaje de grano entero (excelso) ya que de esta depende la aceptación de los híbridos por la industria molinera además se considera como un limitante para los híbridos a nivel mundial; en este estudio los híbridos CT25649, CT25636 y CT25638 los más rendidores, obtuvieron un rendimiento de excelso muy similar al testigo comercial lo cual es muy relevante para la aceptación comercial de estos cultivares.

6. Conclusiones

- Los híbridos en floración obtuvieron en promedio 90 días comparado con el (T3), con menos 10 días a floración, lo cual es una ventaja para los productores ya que obtienen una producción en menos tiempo y a menor costo. En la variable altura de planta, está relacionada con el anclaje de la planta, por tanto es fundamental conocerla para darle un manejo adecuado al híbrido para evitar el vuelco; las variables número de macollas y número de panículas, tienen un buen número de panículas por unidad de área que a su vez es uno de los componentes importantes de rendimiento.
- En la mayoría de los componentes de rendimiento la diferencia fue altamente significativa, mediante el estudio se logró identificar que algunos componente influyen más que otros en el rendimiento, el peso de grano lleno, longitud de panícula ayudan a que este se incremente ya que si se cuenta con una panícula larga esta puede albergar una mayor cantidad de granos, por otra parte una esterilidad alta es perjudicial para el híbrido lo que a su vez baja el rendimiento.
- En este estudio se obtuvieron buenos híbridos, la mayoría superó a los tres testigos y 10 de estos superaron al mejor testigo (T1 CT23057) sin embargo se seleccionaron 3 híbridos CT25649 (15714 Kg/Ha), CT25638 (15290 Kg/Ha) y CT25636 (14462 Kg/Ha), por que superaron el 20% en rendimiento, así mismo se obtuvo buenos resultados en calidad, por tanto son competitivos a nivel comercial.

7. Recomendaciones

- Los híbridos seleccionados se pueden evaluar nuevamente para identificar buen vigor, adaptabilidad ambiental en diferentes localidades, resistencia a plagas y enfermedades, calidad de grano, y mayor rendimiento en comparación con la variedad comercial actual.
- Para generar nuevos híbridos es importante tener en cuenta las diferentes prácticas de cultivo; seleccionar las mejores combinaciones, obtener plantas con buen macollamiento, establecer una densidad de siembra, programar fechas de siembra y trasplante, establecimiento de híbridos del alto rendimiento.

8. Referencias Bibliográficas

- Acevedo Marco, W. A. (Junio de 2006). Origen, Evolución y Diversidad del Arroz. Obtenido de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001
- Amela, F. A., Cabrera, F. A., & César P. Martínez, J. C. (17 de Octubre de 2008). *Parámetros genéticos de la longitud de panícula en arroz*. Obtenido de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/9258/9906
- Arregoces, O. (30 de Julio de 1987). *Componentes del Rendimiento en Arroz*. Obtenido de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/books/historical/143.pdf
- Caicedo Marlon, L. A. (2017). Aptitud combinatoria general y específica de híbridos de maíz amarillo duro y seleccion de híbridos simples. Obtenido de <file:///E:/Descargas/57-271-1-PB.pdf>
- CIAT. (2018)^a *Cambio Climatico*. Obtenido de <http://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/agricultura-sostenible-adaptada-al-clima/?lang=es>
- CIAT. (2018)^b *Forrajes y Producción Pecuaria*. Obtenido de <http://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/livestockplus-ganaderia-eco-eficiente/?lang=es>
- CIAT. (2018)^c *Frijol*. Obtenido de <http://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/mejoramiento-de-cultivos/frijol/?lang=es>
- CIAT. (2018)^d *Recursos Geneticos*. Obtenido de <http://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/conservacion-y-uso-de-cultivos/?lang=es>
- CIAT. (2018)^e *Salud del suelo*. Obtenido de <http://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/salud-del-suelo/?lang=es>

- CIAT. (2018)^f *Servicios Ecosistemicos*. Obtenido de <http://ciat.cgiar.org/generalidades/estrategia-ciat-2014-2020/ecosystem-action/?lang=es>
- CIAT. (2018) ^g *Yuca*. Obtenido de <http://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/mejoramiento-de-cultivos/yuca/?lang=es>
- CIAT, C. I. (2018)^h Obtenido de <http://ciat.cgiar.org/alianzas-globales/programas-de-investigacion-cgiar/?lang=es>
- CIAT. (2017). Obtenido de <http://ciat.cgiar.org/>
- CIAT. (2013). *Arroz hibrido para América Latina*. Obtenido de <http://www.ciatnews.cgiar.org/es/2013/04/29/arroz-hibrido-para-america-latina/>
- Cisneros, F. H. (s.f.). *Conceptos sobre rendimientos*. <https://hortintl.cals.ncsu.edu/es/content/conceptos-sobre-rendimientos>.
- Cuevas, F. (1986). Taller sobre la Red Cooperativa de Investigacion de Arroz en el Caribe. Cali Colombia: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAV964.pdf
- DANE. (2017). *Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado*. Bogotá: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/bol_arroz_Isem17.pdf.
- DANE. (2015). *Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado*. Obtenido de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/arroz/bol_arroz_Isem15.pdf?hpMyAdmin=a9ticq8rv198vhk5e8cck52r11
- Degiovanni Victor B, C. P. (2010). *Producción Eco-Eficiente del Arroz en América Latina Tomo I*. Obtenido de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.pdf

- FAO. (2000). *Perspectivas por sectores principales*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s08.htm>
- FAO. (2004)^b *Productos sensibles y especiales una perspectiva del arroz*. Obtenido de <http://www.fao.org/economic/est/publications/publicaciones-sobre-el-arroz/es/>
- FAO, 2010. *Estadísticas mundiales sobre cultivos*. Disponible en: <http://www.fao.org>
- FAO. (20 de Octubre de 2017). Seguimiento del Mercado del Arroz de la FAO (SMA). Obtenido de <http://www.fao.org/economic/est/publications/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>
- Faure J. y F. Mazaud (1995). La calidad del arroz en la Unión Europea. *Agriculture et developpment* (número especial): 2-13.
- FEDEARROZ, 2000. Manejo y conservación del suelo para la producción de arroz en Colombia- primera edición, Bogotá, Colombia (2000).
- FEDEARROZ, A. (2013). *Manejo Integrado en el Cultivo de Arroz*. Obtenido de <file:///C:/Users/Andrea%20Cuelt%C3%A1n/Dropbox/UNAD/PROPUESTA/material%20util/MANEJO%20INTEGRADO%20EN%20EL%20CULTIVO%20DE%20%20ARROZ%20-%20PROYECTO%20AMTEC.pdf>
- Fedearroz, AMTEC. (2013). Manejo Integrado en el Cultivo de Arroz. Bogotá
- Fedearroz. (2015). Potencia agronómica de las nuevas variedades Fedearroz. *AMTEC*, 60.
- Franco Alirio Vallejo Cabrera, E. I. (2013). Mejoramiento genético de palntas. Cali- Colombia: Arte de Feriva S.A.
- Gómez. G. 1978. *Utilización de las pulidoras (polvillo) de arroz en raciones*
- Guimaraes E, Rangel P. 1997 *Origen y taxonomía del arroz (Oryza sativa L.)*.

Cursos de Posgrado de la universidad Central de Venezuela.

IRRI. (2016). *La reducción de la pobreza*. Obtenido de <http://irri.org/our-impact/reducing-poverty>

INCONTEC. (26 de 09 de 2001). *Norma Técnica Colombiana* . Obtenido de Arroz con cascara: <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC519.pdf>

InfoAgro. (2018). *Cultivo de arroz*. Obtenido de <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>

Juliano, O. 1994. *El arroz en la nutrición humana*. Instituto internacional de Latham MC. Human nutrition in the developing world. Food and Nutrition Series No. 29. Roma: FAO; 1997. Hallado en: <http://www.fao.org/docrep/W0073E/w0073E00.HTM>. Acceso el 2 de septiembre de 2009

Long-Ping Yuan, X.-Q. F. (2001). *Tecnología para la producción de arroz híbrido*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/003/V4730S/v4730s09.htm>

Lynnette Neufled, Mónica Rubio, Leonardo Pinzón, Lizeth Tolentino – 2011 “Nutrición en Colombia

Estrategias 2011-2014” Disponible en Línea [HYPERLINK](#)

"<http://www.piaschile.cl/wp-content/uploads/2015/04/Nutricion-en-Colombia-Estrategia-de-pa%C3%ADs-2011-20141.pdf>" <http://www.piaschile.cl/wp-content/uploads/2015/04/Nutricion-en-Colombia-Estrategia-de-pa%C3%ADs-2011-20141.pdf>.

Lujan, N. (1997). *Historia de la gastronomía*. Ed. Folio

Macan-Markar, M. (2018). *Alimentación - Asia: Arroz, alimento de lujo*. Obtenido de <http://www.ipsnoticias.net/2008/03/alimentacion-asia-arroz-alimento-de-lujo/>

Nacional, G. (Diciembre de 2012). *Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PNSAN) 2012-2019*. Obtenido de [HYPERLINK
http://www.osancolombia.gov.co/doc/pnsan.pdf](http://www.osancolombia.gov.co/doc/pnsan.pdf)

Pellini, Claudio. (2014). *El crecimiento de la población mundial explosión demográfica*.

Obtenido de <http://historiaybiografias.com/poblacion01/>

Peréz, F. C. (1992). *Arroz en America Latina: Mejoramiento, Manejo y Comercialización*. Cali - Colombia. Obtenido de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/Arroz_en_America_Latina.pdf#page=29

Petro Eliel, J. C. (febrero de 2015). *Identificación de las Características Morfológicas Relacionadas con la Estabilidad del Rendimiento de Arroz en Dos Regiones de Colombia*. Obtenido de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/biblioteca/Identificacion_de_las_caracteristicas_morfologicas_relacionadas_con_la_estabilidad_del_rendimiento_de_arroz_en_dos_regiones_de_Colombia_POSTER.pdf

Polo, M. (2016). *El arroz en el mundo*. Obtenido de <http://www.sld.cu/saludvida/temas.php?idv=4369>

Rosero, M. (1983). *Sistema de Evaluación Estándar para Arroz*. Cali, Colombia: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/books/Viveros_internacionales_de_rendimiento_d.pdf. Obtenido de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/books/Viveros_internacionales_de_rendimiento_d.pdf

- Rubens, E. (2010). *El arroz, el alimento del mundo, incrementa su producción*. Obtenido de <http://hoy.com.do/el-arroz-el-alimento-del-mundo-incrementa-su-produccion/>
- Sánchez, A. (Junio de 2011). *El Arroz*. Obtenido de <http://lastentacionesdelossantos.blogspot.com.co/2011/06/el-arroz.html>
- Schwember Andrés, S. C. (2011). *Su importancia para la producción agrícola*. Obtenido de file:///C:/Users/windows/Downloads/42_8_Mejoramiento_vegetal.pdf
- Tirado Yeimy Carolina, J. M. (2014). *Evaluación de la competitividad del arroz colombiano frente al estadounidense: Un análisis de la seguridad alimentaria en el marco del TLC*. Obtenido de <http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1461/1/RIUT-FAA-spa-2015-Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20competitividad%20del%20arroz%20colombiano%20frente%20al%20estadounidense%20un%20an%C3%A1lisis%20de%20la%20seguridad%20alimentaria%20en%20el%20marco%20del%20tlc>
- Torres Edgar, N. A. (s.f.). *Avances del desarrollo de híbridos de arroz en Colombia*. Obtenido de <http://www.fedearroz.com.co/revistanew/arroz500.pdf>
- Torro I. 2010. Análisis de los factores que determinan la resistencia al encamado y características de grano en arroz. (*Oryza sativa* L.), y su asociación con otros caracteres, en varias poblaciones y ambientes: bases genéticas y QTLs implicados. Documento disponible en línea en [HYPERLINK "http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9317/tesisUPV3425.pdf?sequence=1"](http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/9317/tesisUPV3425.pdf?sequence=1)
- UNESCO. (1984). *Civilizaciones del arroz*. Obtenido de <http://unesdoc.unesco.org/images/0006/000623/062352so.pdf>
- Voltas J, van Eeuwijk, García del Moral LF, Molina-Cano JL, Romagosa I, 2001.

Genotype by Environment Interaction and Adaptation in Barley Breeding: Basic Concepts and Methods of Analysis. En: Barley: Recent advances from molecular biology to agronomy of yield and quality. Slafer GA, Molina-Cano JL, Araus JL, Savin R, Romagosa I (eds.). Journal of Crop Production. Food Product Press N.Y. pp. 205-241.

Weikai Yan, N. A. (Mayo de 2005). *An Integrated Biplot Analysis System for Displaying, Interpreting, and Exploring Genotype Environment Interaction*. Obtenido de file:///E:/Descargas/2005Yan_Tinker_Integrated_biplot.pdf

9. Anexos

Anexo 1. CIAT Centro Internacional de Agricultura Tropical

CIAT es una organización enfocada en la investigación colaborativa con el fin de mejorar la productividad agrícola y el manejo de los recursos naturales en países tropicales y los que se encuentren encaminados al desarrollo. Hace parte de CGIAR la mayor alianza mundial de organizaciones de investigación agrícola para el desarrollo como parte de los 15 centros miembros participa en los siguientes programas de investigación de este, según (CIAT, C.I. 2018).

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) está enfocado en tres grandes campos

1- Agrobiodiversidad

Arroz: es un programa de investigación de CGIAR sobre arroz se conoce como un Programa Global de Investigación en Arroz (GRISP) ofrece un plan importante único de alianzas para la investigación en arroz orientada en lograr impacto y desarrollo. Creado para incrementar la productividad del arroz y valor nutricional para la población más pobre; promover una producción basada en arroz más sostenible y así mismo ayudar a los productores de arroz a adaptarse al cambio climático, (CIAT 2013).

Frijol: el programa de frijol desarrolla nuevas variedades con mayor rendimiento nutricional especialmente en hierro y zinc, que sean resistentes a plagas y enfermedades, tolerantes a sequía, calor y baja fertilidad del suelo bien adaptados en términos de semilla y color para cumplir con demandas que solicita el mercado, (CIAT 2018)^c

Forrajes y producción pecuaria: promueve a la adopción generalizada de forrajes tropicales con ayuda de otros métodos mejorados de alimentación entre un gran número de agricultores, primordialmente pequeños y medianos. Esta investigación permite identificar rumbos para la intensificación sostenible que incrementen los beneficios para los medios de vida y el medio ambiente, que generan los sistemas de forrajes.

Recursos Genéticos: el banco de germoplasma de CIAT conserva y cuida las mayores colecciones a nivel mundial de cultivos clave que forman parte de la base de suministro de carbohidratos y proteína vegetal/animal en los sistemas alimentarios tropicales, colecciones de frijol *phaseolus species*, yuca *manihot species* y leguminosas y gramíneas, (CIAT 2018)^b

Yuca: mediante un mejoramiento continuo los científicos de la organización con ayuda de otros socios trabajar arduamente para impulsar rendimientos de un 30%, mediante el mejoramiento continuo y mejor agronomía y manejo o resistencia a plagas y enfermedades. Este programa busca extender y desarrollar el uso de variedades de yuca que sean competitivas agronómicamente y de mayor nutrición especialmente con alto contenido de carotenoides provitamina A. (CIAT 2018) ^g

2- Área de Investigación en Análisis de Políticas y Decisiones (DAPA)

Cambo Climático: genera conocimientos sobre los impactos del cambio climático, que ayudan a identificar las mejores opciones de adaptación para la población rural de escasos recursos, así como opciones que permitan mitigar el cambio climático; mediante investigaciones se ha logrado el desarrollo de nuevas generaciones de variedades más resistentes, en cultivos de arroz

y frijol tolerantes a sequía, yuca tolerantes a insectos y enfermedades, forrajes tropicales superiores tolerantes a sequía, inundaciones y otras condiciones, (CIAT 2018)^a

Servicios Eco sistémicos: el centro persigue un enfoque integral que incluya medición, mapeo y valoración de servicios ecosistémicos e igualmente ayude a generar nuevos mecanismos para canalizar recursos financieros para la adopción de prácticas mejoradas de uso de tierra, (CIAT 2018)^f

3- Área de Investigación de Suelos

Salud del Suelo: se aplican técnicas de diagnóstico efectivas en costos para determinar las características del suelo, medir a las amenazas a la salud del suelo e identificar los factores que causan la pérdida de la fertilidad del suelo, (CIAT 2018)^e

Anexo 2. Manejo agronómico del ensayo

Fertilización

La labor de fertilización se realizó de varias formas, dependiendo de las condiciones ambientales y las necesidades del cultivo, de igual manera teniendo en cuenta los análisis de suelo. Entre las formas utilizadas para aplicar el fertilizante están:

- ✓ Fertilización granulada manual: esta se realiza al voleo, se esparce con la mano el fertilizante, tratando de que la cantidad de fertilizante aplicada fuera distribuida de manera uniforme en todos los surcos del ensayo.
- ✓ Fertilización líquida: la cual se utiliza un aguilón para distribuir por el producto por toda el área donde se encuentra el ensayo. El aguilón mide 12 metros, compuesto por 40 boquillas cada una separada a 30 cm, donde se utiliza una bomba de 25 litros.

Tabla 15. *Fertilización manual.*

Fuente	Dosis Total Kg por Piscina	Básica	5 días después de trasplante	10 días después de trasplante	40-45 días después de trasplante
Urea	29.55	0.00	5.91 (20%)	14.77 (50%)	8.86 (30%)
DAP	10.04	10.04 (100%)	0.00	0.00	0.00
KCL	16.68	8.34 (50%)	0.00	8.34 (50%)	0.00
ZnO	2.00	2.00 (100%)	0.00	0.00	0.00
Fe	8.00	8.00 (100%)	0.00	0.00	0.00

Para fertilización se utilizara una dosis de urea de 400 Kg/ha, DAP 130 Kg/ha, KCl 220 Kg/ha, ZnO 26 Kg/Ha, Fe 104 Kg/ha.

Tabla 16. *Fertilización líquida. Aplicación foliar en ensayos de rendimientos en el cultivo de arroz.*

Fuente	15-20 días después de emergencia
Hojas	1 litro/hectárea
Eclipse	1 litro/hectárea
Kelatex	1 litro/hectárea
Acidurez	429 gramos/hectárea
Inex	1 litro/hectárea

Control de malezas

Control químico

El control químico de malezas se realizará con aplicación de herbicidas selectivos, al cultivo con el fin de que el cultivo tome ventaja en su desarrollo durante los primeros días de crecimiento vegetativo y así lograr competir con las malezas de manera satisfactoria.

Tabla 17. *Dosis para control químico.*

Dosis para 25 litros (una bomba)	
Fuente	Centímetros cúbicos
Butaclor	300
Basagran	400
Bispiree	30-50
Inex- A	50

Control Manual

El control manual de malezas consistirá en arrancar en forma manual las malezas (*Cyperus rotundus*, *Echinochloa colona* y *Cynodon dactylon*) presentes en el surco y entresurco, arvenses que no fueron controladas por los herbicidas pre emergentes y pos emergentes, ya que estas al encontrarse en completa competencia con el cultivo no le permitían expresar su mayor potencial, así como también podrían constituirse en un factor de contaminación de esta semilla en la cosecha.

Anexo 3. Resultados de rendimientos comparados con los testigos.

Tabla 18. Valores de rendimiento de 11 cruzamientos superiores con respecto al Testigo (T2) CT21375.

Genotipo	Rendimiento kg/Ha	Rendimiento T2 kg/Ha	Diferencia Rendimiento kg/Ha	tValue	Probt
CT25649	15714	10677	5036.69	5.56	0.0002
CT25638	15290	10677	4612.89	5.09	0.0003
CT25636	14462	10677	3784.67	4.18	0.0015
CT25635	13909	10677	3231.36.00	3.57	0.0043
CT25639	13856	10677	3178.88	3.51	0.0048
CT25634	13516	10677	2839.15.00	3.13	0.0094
CT25632	13373	10677	2695.85	0,151388889	0,086805556
CT25630	13001	10677	2324.04.00	2.56	0,180555556
CT25631	12959	10677	2281.96	2.52	0,196527778
CT25645	12772	10677	2094.44.00	0,143055556	0,107638889
CT25643	12674	10677	1996.83	2.20	0,343055556

Testigo 2 (T2) CT21375 el testigo local de CIAT es utilizado para la mayoría de estudios debido a su adaptabilidad y rendimiento; donde se identifica 11 cruzamientos con altos rendimientos superiores a 2000 kilogramos, comparados con CT21375 que obtuvo 10677 kg/Ha

Tabla 19. Valores de rendimiento de 19 cruzamientos superiores con respecto al Testigo (T3) Fedearroz 67

Genotipo	Rendimiento kg/Ha	Rendimiento T3 kg/Ha	Diferencia Rendimiento kg/Ha	tValue	Probt
CT25649	15714	9238	6475.67	7.15	<.0001
CT25638	15290	9238	6051.87	0,29722222	<.0001
CT25636	14462	9238	5223.65	0,26111111	0.0001
CT25635	13909	9238	4670.34.00	5.15	0.0003
CT25639	13856	9238	4617.86	5.10	0.0003
CT25634	13516	9238	4278.13.00	0,21666667	0.0006
CT25632	13373	9238	4134.83	4.56	0.0008
CT25630	13001	9238	3763.02.00	4.15	0.0016
CT25631	12959	9238	3720.94	4.11	0.0017
CT25645	12772	9238	3533.42.00	0,22361111	0.0005
CT25643	12674	9238	3435.81	0,17986111	0.0029
CT25648	12349	9238	3110.47.00	3.43	0.0055
CT25633	12157	9238	2918.98	0,19305556	0.0021

CT25670	11811	9238	2572.89	3.51	0.0049
CT25641	11754	9238	2515.32.00	3.43	0.0056
CT25640	11573	9238	2334.35.00	2.58	0,17708333
CT25646	11209	9238	1970.93	0,13125	0,14583333
CT25629	11046	9238	1807.49.00	2.47	0,21736111
CT25642	10916	9238	1678.02.00	2.29	0,29652778

Testigo 3 (T3) Fedearroz 67 una variedad comercial de Colombia. Según los resultados obtenidos se observó 19 cruzamientos con altos rendimientos comparados con la variedad comercial, donde fueron superiores de 2000 kg comparados con Fedearroz 67 que obtuvo 9238 kg/Ha

Tabla 20. Valores de rendimiento de 6 cruzamientos inferiores con respecto al (T1) CT23057.

Genotipo	Rendimiento kg/Ha	Rendimiento T1 kg/Ha	Diferencia Rendimiento kg/Ha	tValue	Probt
CT25669	9858.90	12114	-2255.31	-2.49	0,206944444
CT25651	9664.04.00	12114	-2450.17	-3.34	0.0065
CT25650	8454.83	12114	-3659.38	-4.04	0.0019
CT25637	8064.55.00	12114	-4049.66	-4.47	0.0009
CT25647	7045.62	12114	-5068.60	-5.59	0.0002
CT25671	5467.72	12114	-6646.49	-7.33	<.0001

Anexo 4. Listado de híbridos con rendimiento.

Tabla 21. Listado de rendimiento de los 27 híbridos comparados con los tres testigos T1 (CT23057), T2 (CT21375) y T3 (FEDEARROZ 67).

Consecutivo	Genotipo	Rendimiento Kg/Ha	tValue	Probt
1	CT25649	15714	20.08	<.0001
2	CT25638	15290	19.54	<.0001
3	CT25636	14462	18.48	<.0001
4	CT25635	13909	17.77	<.0001
5	CT25639	13856	17.71	<.0001
6	CT25634	13516	17.27	<.0001
7	CT25632	13373	17.09	<.0001
8	CT25630	13001	16.61	<.0001
9	CT25631	12959	16.56	<.0001
10	CT25645	12772	22.31	<.0001
11	CT25643	12674	16.20	<.0001
12	CT25648	12349	15.78	<.0001
13	CT25633	12157	21.23	<.0001
14	T1 CT23057	12114	21.16	<.0001
15	CT25670	11811	20.63	<.0001
16	CT25641	11754	20.53	<.0001
17	CT25640	11573	14.79	<.0001
18	CT25646	11209	19.58	<.0001
19	CT25652	11069	14.15	<.0001
20	CT25629	11046	19.29	<.0001
21	CT25642	10916	19.07	<.0001
22	CT25644	10759	18.79	<.0001
23	T2 CT21375	10677	18.65	<.0001
24	CT25669	9858.90	12.60	<.0001
25	CT25651	9664.04	16.88	<.0001
26	T3 FEDEARROZ 67	9238.25	16.14	<.0001
27	CT25650	8454.83	10.80	<.0001
28	CT25637	8064.55	10.31	<.0001
29	CT25647	7045.62	9.00	<.0001
30	CT25671	5467.72	6.99	<.0001

Anexo 5. Norma Técnica Colombiana en molinería en arroz

1. Alcance

El protocolo describe desde pesado de la muestras, descascarado, pulido y clasificado y nuevamente pesado, y la relación porcentual o resultado del % de rendimiento de acuerdo a los objetivos de selección del mejorador del FLAR y al comportamiento de los testigos que se incluyen en cada análisis.

2. Definiciones

Análisis de molinería: Es predecir el potencial del arroz molinado que se puede obtener de una muestra de arroz con cascara.

Descascaramiento: Eliminación de la cubierta exterior del grano de arroz.

Índice de pilada (IP): Porcentaje de granos enteros de arroz blanco, resultante del descascarado y pulido de arroz y pulido del arroz sin impurezas.

Arroz quebrado: granos de arroz blanco que se rompen hasta menos de la mitad de su longitud original.

Arroz entero: Grano o pedazo de arroz blanco que tiene igual o más de 0.75mm (3/4) en longitud promedio total del grano.

Arroz blanco: Arroz descascarado a el cual se le ha eliminado totalmente el germen y las capas de aleurona.

3. Contenido

La metodología se hace con base en la NTC 519 (Norma Técnica Colombiana), Pagina 6, parágrafo: 6.2.5 y pagina 7 parágrafo: 6.2.6 y 6.2.7. Finalmente se reportan los datos de porcentaje de grano entero y partido. Para la selección de los materiales se tiene en cuenta el comportamiento de los testigos e IP. (INCONTEC 2001)

Diagrama de Flujo de Molinería

